

Vergleichende Darstellung okklusaler Veränderungen nach Abformung mit Triple-Tray- und herkömmlichen Abformlöffeln

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
des Fachbereichs Medizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Adam Pisarek
aus Breslau

Gießen (2004)

Aus dem Medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Abteilung Poliklinik für zahnärztliche Prothetik
Leiter: Prof. Dr. P. Ferger
des Universitätsklinikums Gießen

Gutachter: Prof. Wöstmann

Gutachter: Prof. Oehmke

Tag der Disputation: 29.11.2004

INHALTSVERZEICHNIS

1.EINLEITUNG.....	1
2.ZIEL DER ARBEIT.....	2
3.LITERATURTEIL.....	3
3.1. Zur Reproduzierbarkeit interokklusaler Verhältnisse.....	3
3.2. Abformlöffel.....	4
3.2.1. Allgemeines.....	4
3.2.2. Konfektionierte Abformlöffel.....	5
3.2.3. Partielle Abformlöffel.....	6
3.3. Abformmaterialien.....	10
3.3.1. Allgemeines.....	10
3.3.2. Silikon.....	11
3.3.3. Polyether.....	11
3.4. Abformmethoden.....	12
3.5. Artikulatoren.....	14
4. MATERIAL UND METHODE.....	17
4.1. Rahmenbedingungen.....	17
4.2. Vorarbeiten.....	17
4.3. Materialien/Methoden.....	19
4.3.1. verwendete Abformmaterialien.....	19
4.3.2. verwendete Abformträger.....	22
4.3.3. verwendete Artikulatoren.....	23
4.4. Durchführung der Untersuchung.....	25
4.4.1. Abformung.....	25
4.4.2. Modellherstellung.....	28
4.4.3. Einartikulieren.....	31
4.4.4. Herstellung der Bißschlüssel.....	33
4.4.5. Bestimmung der Kondylenverlagerung.....	34
4.4.6. Umarbeiten der Bißschlüssel.....	36
4.4.7. Bestimmung der Kondylenverlagerung.....	37

4.5. Auswertung der Ergebnisse.....	38
4.5.1. Statistische Methoden.....	38
4.5.2. Bearbeitung der Daten.....	39
5. ERGEBNISSE.....	40
5.1. Versuchsserie1.....	40
5.2. Versuchsserie2.....	45
5.3. Statistische Analyse.....	49
6. DISKUSSION.....	51
6.1. Allgemeines.....	51
6.2. Versuchsserie1.....	53
6.3. Versuchsserie2.....	55
6.4. Fazit.....	58
7. ZUSAMMENFASSUNG/SUMMARY.....	59
8. LITERATURVERZEICHNIS.....	63

1.Einleitung

Ist eine prothetische Versorgung mit Kronen- oder Brückenersatz indiziert, so sind von der Präparation eines Zahnes bis zum Einsetzen des fertigen Zahnersatzes eine Vielzahl an Arbeitsschritten durch Zahnarzt und Zahntechniker durchzuführen. Da es nicht möglich ist, Kronen und Brücken direkt im Mund anzufertigen, müssen die präparierten Zähne reproduziert werden. Eine große Rolle spielt somit die Abformung der präparierten Zähne.

Die Abformungen werden im zahntechnischen Labor in Gips ausgegossen und in Artikulatoren eingebracht. Die exakte Übereinstimmung der Kieferrelation des Patienten mit der räumlichen Zuordnung der Gipsmodelle im Artikulator ist eine wichtige Voraussetzung für die Anfertigung von adäquatem Zahnersatz. Ist eine eindeutige Zuordnung der Ober- und Unterkiefermodelle zueinander nicht gewährleistet, so muß im Vorfeld ein okklusales Bißregistrator angefertigt werden.

Für die zahnärztliche Behandlung werden ständig neue Produkte entwickelt, welche die Handhabung vereinfachen, die Behandlungsdauer verkürzen und das Resultat verbessern sollen. Ein Beispiel: Bestimmte partielle Abformträger vereinen beide oben genannten wichtigen Arbeitsschritte, die Abformung und die okklusale Zuordnung von Ober- und Unterkiefer. Gegenüber herkömmlichen Abformlöffeln, die den gesamten Kiefer abformen, wird hierbei nur ein Teil des Kiefers, der Quadrant mit den präparierten Zähnen, aber gleichzeitig auch der Gegenkieferquadrant abgeformt. Dadurch entfällt der Schritt der Bißregistrierung.

Die nach der Abformung ausgegossenen partiellen Gipsmodelle bedürfen spezieller Artikulatoren für die zahntechnische Herstellung von feststehendem Zahnersatz. Auch hier bietet der Markt Produkte, die auf diese neuentwickelten Abformträger abgestimmt sind.

2. Ziel der Arbeit

In der folgenden Arbeit werden partielle Abformträger, sogenannte „Triple-Tray“-Abformträger aus Kunststoff im Vergleich zu herkömmlichen Abformlöffeln getestet.

Ziel der Arbeit ist es, eventuelle Veränderungen in der okklusalen Relation zu ermitteln. Dafür werden Bisschlüssel - in harter Verschlüsselung mit Kunststoff - auf Gipsmodellen hergestellt, die Kondylenverlagerung wird vermessen und mit der okklusalen Situation eines Urmodells verglichen.

In einem zweiten Untersuchungsschritt werden die Bisschlüssel zu Kauflächen gestaltet, als provisorischer Kronen- und Brückenersatz. Um zu überprüfen, welche Rolle den benutzten Artikulatoren/Okkludatoren und dem Einschleifen zukommt, wird die Kondylenverlagerung bei den neugestalteten Bisschlüssel erneut vermessen.

Bei den Testreihen kommen verschiedene Abformmaterialien und Artikulatoren zum Einsatz. Aus den Ergebnissen werden Rückschlüsse gezogen auf die Eignung der partiellen Abformträger für die Praxis in Verbindung mit diesen Abformmaterialien und Artikulatoren.

Abschließend ist zu erörtern, ob mit diesen nur teilweise abgeformten Kieferabschnitten die okklusalen Verhältnisse hinreichend dargestellt werden oder ob mit Hilfe des Triple-Tray-Systems die okklusale Zuordnung exakter erfolgt als mit der herkömmlichen Abformtechnik.

3.Literaturteil

3.1. Zur Reproduzierbarkeit interokklusaler Verhältnisse

Die räumliche Zuordnung von Ober- und Unterkiefer, und somit die Genauigkeit der Übertragung der Kieferrelation in den Artikulator ist ein entscheidender Schritt bei der Herstellung von Zahnersatz. Die Reproduzierbarkeit dieser okklusalen Verhältnisse ist von vielen Faktoren abhängig. Hierbei ist es unverzichtbar, auf Materialien wie Abformlöffel (s.3.2.), Abformmaterialien (s.3.3.), Abformmethoden (s.3.4.) und Artikulatoren (s.3.5.) einzugehen. Verfahrenstechnische Fehler, patientenbedingte Unzulänglichkeiten, letztlich aber auch werkstoffbedingte Fehlerquellen erschweren diese Zuordnung.

In der Literatur sind verschiedene Registrierverfahren beschrieben. Diese Verfahren dienen alle der korrekten Ermittlung der „maximalen Interkuspitation“, der „zentralen Relation“ oder der „terminalen Scharnierachspannung“. Zu den gängigsten Methoden gehören u.a. direkt interokklusale Registrate, intra- und extraorale graphische Aufzeichnungen, sowie kephalometrische Methoden [54]. Seit dem 19. Jahrhundert wurden interokklusale Registrate als sogenannte „Quetsch-Bisse“ vorwiegend mit Wachs oder Kompositmassen durchgeführt. Andere gebräuchliche Materialien waren Gipse oder Zinkoxid-Eugenol-Pasten.

In den 50er und 60er Jahren des 20. Jahrhunderts kamen die Silikone und Polyether auf den Markt, die fortan nicht nur als Abformmaterial, sondern auch als Bißregistrator Verwendung fanden. Im Jahr 1975/76 kam das A-Silikon auf den Markt, welches heute vielfach im klinischen Bereich Verwendung findet [54].

In verschiedenen Studien wurde die Reproduzierbarkeit von Registriermaterialien getestet [9,18,24,25,35,38,52,53,67]. So vielfältig wie die Methoden sind, so schwierig ist der direkte Vergleich untereinander und somit die Aussagefähigkeit für den Praxisgebrauch. Allen Studien gemein ist die Erkenntnis, daß kein Registriermaterial und keine Methode eine absolut fehlerfreie Übertragung der Kieferrelation des Patienten in den Artikulator gewährleisten.

Bei der Anwendung der in dieser Studie verwendeten partiellen Abformträger entfällt der zusätzliche Arbeitsschritt der Bißregistrierung, da Ober- und Unterkiefer gleichzeitig abgeformt und dabei verschlüsselt werden. Der Vollständigkeit halber darf in diesem Zusammenhang nicht unerwähnt bleiben, daß die Eignung dieser speziellen Abformträger auf eine stabile Okklusion beschränkt ist [14].

3.2. Abformlöffel

3.2.1. Allgemeines

Die richtige Wahl des Abformlöffels als Träger für die Abformmasse ist ein wichtiges Kriterium für den Erfolg der Abformung.

Dabei können im wesentlichen konfektionierte, individuell hergestellte sowie partielle Abformträger und solche, die den ganzen Kiefer abformen, unterschieden werden. Individuell hergestellte Abformlöffel werden in der Regel aus Autopolymerisaten, thermoplastischen Werkstoffen wie Polystyrol oder Polycarbonat oder lichthärtenden Werkstoffen, wie z.B. hochvernetzenden Komposit-Materialien, hergestellt. Ihr Einsatz für festsitzenden Kronen- und Brückenersatz ist eher selten, hauptsächlich werden sie in der Teil- und Totalprothetik genutzt. Deshalb seien sie an dieser Stelle nur der Vollständigkeit halber aufgeführt.

An alle Arten von Abformlöffeln werden verschiedene Anforderungen gestellt :

Der Löffel soll verwindungsstabil sein und darf keine Formveränderung zeigen [1,5,11,42,46,47,50,58,62,63,65,78]. Diese gewünschte Starrheit geht mit einem hohen Elastizitätsmodul¹ einher.

Die Haftung des Materials am Löffel muß gewährleistet sein [65,68,78]. Dieses kann mechanisch durch Perforationen am Löffel oder eine Retentionsleiste (z.B. Rim-Lok-Löffel) oder chemisch durch das Auftragen von Haftlacken erreicht werden [62,75].

Die Form des Löffels ist so zu wählen, daß genügend Platz für die elastische Rückstellung des Abformmaterials vorhanden ist und somit keine bleibenden Deformationen zu erwarten sind [65,78].

Schließlich soll eine leichte Handhabung während des Abformvorgangs gewährleistet sein.

¹ Der Elastizitätsmodul ist ein Maß für den materialspezifischen Widerstand eines Werkstoffs gegen elastische Deformation und wird in Kraft/ Fläche (N/ mm²) gemessen [49].

3.2.2. Konfektionierte Abformlöffel

Konfektionierte Abformlöffel –synonym als Serienlöffel bezeichnet- werden aus verchromtem Messing, nichtrostendem Stahl oder verschiedenen Kunststoffen hergestellt. Perforationen oder Randwülste sorgen für eine bessere Haftung des Abformmaterials am Löffelrand (Abb.1). Die Löffel werden in verschiedenen Größen, je nach Kiefergröße angeboten [62,63].



Abb. 1: konfektionierte Abformlöffel aus Stahl

Konfektionierte Abformlöffel aus Metall erfüllen in der Regel alle oben geforderten Kriterien. Viele Autoren sprechen sich für die Verwendung von solchen Abformlöffeln aus, die den gesamten Kiefer abformen, und gegen die Verwendung von partiellen Abformlöffeln [1,39,65,69].

Die Verwendung von partiellen Abformlöffeln – richtige Indikation vorausgesetzt - findet in der Literatur aber auch Befürworter (siehe 3.2.3.) [31].

3.2.3. Partielle Abformträger/Triple-Tray-Abformträger



Abb.2: Triple-Tray-Abformträger aus Kunststoff

Hierbei handelt es sich um partielle Abformlöffel, mit denen nur ein Kiefersegment abgeformt wird. Je nach Verwendungszweck sind verschiedene Arten erhältlich, dazu gehören die Metall- oder Kunststoffausführung (Abb.2), gerade oder gebogene und wandverstärkte oder wandlose Abformträger.

Ergebnisse zu Arbeiten mit den partiellen Löffeln- auch „Triple Tray“ oder „Dual-Arch“ genannt- sind bisher relativ wenig veröffentlicht worden; hauptsächlich in den USA sind diese Abformträger etabliert.

Die Triple-Tray-Methode ermöglicht durch eine dünne Gaze im Löffel eine gleichzeitige Abformung von Ober- und Unterkiefer zweier gegenüberliegender Quadranten, wobei bei gleichzeitigem Kieferschluß eine Kieferrelationsbestimmung überflüssig wird.

Während einige Autoren bei der Durchführung der Triple-Tray-Abformung einen vollständigen Kieferschluß mit Antagonistenkontakt propagieren [33,66,73], empfehlen andere, eine dünne Zinnfolie zwischen die Zahnreihen des nicht abzuformenden Quadranten zu legen, um

durch diese Sperrung einen Platzgewinn für das Abformmaterial herbeizuführen [56]. Diese Sperrung müsse nach dem Einartikulieren unbedingt zurückgeführt werden.

Diverse Autoren sprechen sich positiv über diese Art der Abformung aus. Die größten Vorteile liegen unbestritten in einer Zeit- und Materialersparnis [33,55,73]. Die Kunststoffausführung als Einmalartikel bietet außerdem hygienische Vorteile, eine Desinfektion entfällt [73].

Voraussetzung für die praktische Anwendung dieser Methode für die Herstellung von festsitzendem Zahnersatz ist eine eindeutig reproduzierbare maximale Intercuspitation. Außerdem sollten die Antagonisten der präparierten Zähne okklusal intakt sein. Kontraindikationen sind Störungen in der Gebißfunktion, wie z.B. Myoarthropathien oder Bruxismus.

Somit ist der Einsatz der **Triple-Tray**-Abformträger auf die Abformung von Präparationen für Einzelkronen oder kleiner Brücken im zahnbegrenzten Lückengebiß beschränkt. Idealerweise sollte der Patient eine Angle-Klasse I aufweisen [7,33,55,73].

Einige Autoren sprechen sich gegen diese Art der Abformung zur Modellherstellung von Einzelkronen bzw. kleinen Brücken aus. Sie sind der Auffassung, daß immer eine Abformung des gesamten Kiefers nötig sei [1,39,65,69].

Die **Triple-Tray**-Abformträger aus Kunststoff erfüllen die oben aufgeführten Forderungen einiger Autoren (s.3.2.1.), insbesondere bezüglich der Verwindungssteifheit und Formstabilität nicht.

Wilson et al. [73] erwähnten schon 1983 die Triple-Tray-Technik und bewerteten sie als positiv, besonders in Hinblick auf eine Zeit- und Materialersparnis und Fehlerminimierung durch das Entfallen einer zusätzlichen Bißregistrierung. Diesen Vorteil erwähnten fast alle anderen Autoren auch.

Taylor [66] beschrieb die Triple-Tray-Methode als eine gute Alternative zur herkömmlichen Abformung, die auch von Patientenseite sehr positiv aufgenommen werde. Seiner Meinung nach könne jeder Zahn mit akzeptablem Parodont mit dieser Methode abgeformt werden.

Er schlägt die „Gingiva-Technik“ vor, in der die Gingiva vor der Präparation mittels eines in den Sulcus applizierten Fadens verdrängt werde. Während der Präparation wird der Faden im Sulcus belassen. Wichtig seien eine gute Compliance des Patienten, der korrekte Mundschluß während der Abformung, und die richtige Verarbeitung der Abformung, indem sie noch in der Praxis ausgegossen werde.

Hoffmann [27] erwähnte eine modifizierte Abformung, indem er vorher eine Art individuellen Acryl-Harz- Löffel aus einem interokklusalen Wachsabdruck herstelle. Dieser werde, mit Abformmaterial beschickt, auf die präparierten Zähne gelegt, darüber werde dann der Triple-Tray-Löffel aufgesetzt und die Abformung durchgeführt.

Vorteile sehe er in einem minimalen Trauma des Parodonts, Schwierigkeiten bestünden bei der Abformung von mehr als 2mm subgingival liegenden Präparationsgrenzen.

1989 beschrieb **Schoenrock** [61] die sogenannte Laminar-Technik mit Kunststoff-Triple-Tray-Abformträgern. Dabei müsse die erste Abformung durch zwei Öffnungen mesial und distal des präparierten Zahnes modifiziert werden, so daß in der zweiten Abformung, der Korrekturabformung, mittels einer Spritze das Abformmaterial im Mund in die Öffnungen appliziert werden könne.

Auch **Imbery** und **Kaplowitz** befürworten diese Methode [29,32,33].

Für **Kaplowitz** [32,33] liegen Vorteile u.a. darin, daß der Zahnarzt ohne Assistenz arbeiten könne. Er schlägt eine weitere Verwendungsmöglichkeit vor, indem Triple-Tray-Abformungen modifiziert angewandt würden, um ein feuchtigkeitsfreies Arbeitsfeld beim Einzementieren der fertigen Arbeit zu erhalten, wenn z.B. Kofferdam nicht gelegt werden könne.

Imbery [29] sieht einen weiteren Vorteil der Triple-Tray-Methode im Wegdrücken von Flüssigkeiten wie Speichel, Blut o.ä., gleichzeitig würden Wange und Zunge abgehalten werden.

Davis [13] Studien besagten, daß Abformungen mit dem Triple-Tray-System vergleichbare Ergebnisse wie die Abformungen mit herkömmlichen Abformlöffeln lieferten. Ein Jahr später wurden zusätzlich Gipsmodelle nach einem zweiten Ausguß getestet, wiederum wurde kein schlechteres Abschneiden der Triple-Trays festgestellt.

Breeding et al. [8] testeten Metall- gegen Kunststoff-Triple-Trays. Die Ergebnisse zeigten, daß Kunststoff zu große, Metall zu kleine Modelle produzierten. Ihre Empfehlung lag dann bei der Benutzung von Metall-Triple-Tray-Abformträgern in Kombination mit Spacer und Spezialhartgips mit entsprechend hoher Expansion.

Auch **Keese et al.** [34] erwähnen die Wichtigkeit des korrekten Mundschlusses. Sie raten zur Herstellung einer „Schließführung“ aus Acryl-Harz, die bei der Abformung sichtbar sein müsse, um sicherzugehen, daß der Patient in der richtigen Schlußbißstellung schließe.

Die in dieser Studie beleuchtete okklusale Zuordnung von Ober- und Unterkiefer bei Verwendung der Triple-Tray-Abformträger ist bisher wenig beschrieben [14,55,74].

Parker et al. [55] testeten Triple-Trays und verglichen sie mit Abformungen mit herkömmlichen Abformträgern und sprechen von einer signifikant besseren okklusalen Zuordnung der nach Abformung erstellten Gipsmodelle gegenüber Gipsmodellen, die den gesamten Kiefer darstellen. Fehler wie Abbindeexpansion der Gipse, Blasen in den Gipsmodellen und Mängel bei der Abformung, wie z.B. Fließfalten, würden durch die Tatsache kompensiert, daß eine gleichzeitige Zuordnung von Ober- und Unterkiefer schon während der Abformung stattfindet.

Deitermann [14] prüfte in seiner Studie die Abformungen sowohl der Kunststoff- als auch die der Metallvariante der Triple-Trays und verglich sie hinsichtlich okklusaler Veränderungen mit Abformungen durch konventionelle Abformlöffel. Dabei wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt, die Kunststoffvariante schnitt etwas besser, die Metallvariante etwas schlechter als die herkömmlichen Abformträger ab.

Wingendorf [74] prüfte in seiner Studie die Abformgenauigkeit von Triple-Tray-Abformträgern gegenüber (konfektionierten) Schreinemakers-Löffeln im Hinblick auf Dimensionstreue und okklusale Veränderungen. Die aus Patientenmodellen - mit präparierter Einzelkrone im Seitenzahnbereich - nach Abformung mit der Triple-Tray-Methode hergestellten Bißschlüssel aus Protemp Garant wurden im Patientenmund eingesetzt und visuell überprüft. Eine korrekte maximale Interkuspitation wurde als „Erfolg“ gewertet. Im Falle einer okklusalen Störung wurde der Versuch als „Mißerfolg“ gewertet. Alle vierzig Fälle wurden als „Erfolg“ verzeichnet.

Wingendorf zog den Schluß, daß die Triple-Tray-Abformmethode eine sehr genaue Zuordnung von Ober- und Unterkiefer ermögliche. Somit sei es auch mit partiellen Abformträgern möglich, eine exakte Kieferrelationsbestimmung durchzuführen.

3.3. Abformmaterialien

3.3.1. Allgemeines

Grundsätzlich können alle Abformmaterialien für die Triple-Tray-Abformung verwendet werden [73].

Für die in dieser Arbeit angewandte Doppelmischtechnik eignen sich alle fließfähigen elastomeren Abformmaterialien, wie Polysulfide, Polyether und Silikone [41]. Diese sogenannten Elastomere werden zur Gruppe der irreversibel-elastischen Abformmaterialien gezählt. Nach **Eichner** sind die Vorteile der Elastomere im hohen Rückstellvermögen, guter Dimensionsstabilität, bester Detailwiedergabe und in einer guten Lagerfähigkeit der Abformung zu sehen [16].

Im Zusammenhang mit der Abformgenauigkeit der Elastomere existieren im wesentlichen folgende Fehlerquellen:

- bei der Abformung induzierte, elastische Effekte im Abformmaterial (endogene Spannungen)
- bleibende Deformationen
- Volumenveränderungen, wie z.B. die thermische Kontraktion [48,51].

Auch diese Fehlerquellen beeinflussen letztlich die okklusale Zuordnung. **Wichmann et al.** stellten bei Verwendung von Polyethern und anschließender dreidimensionaler Vermessung an Gipsmodellen okklusal vergrößerte Stümpfe fest. Okklusale Verkleinerungen der Stümpfe wurden bei Verwendung von kondensations- und additionsvernetzenden Silikonen festgestellt [71,72].

3.3.2.Silikone

Silikone, auch Polysiloxane genannt, sind makromolekulare Substanzen, deren Molekülketten aus Si-O-Ketten bestehen. Der Anteil an Füllstoffen bestimmt die Konsistenz. Die Basiskomponente der *kondensationsvernetzenden Silikone* (C- oder K-Silikone) enthält lineare Ketten mit endständigen OH-Gruppen. Die Reaktorkomponente besteht aus tetrafunktionellem Äthylsilikat. Organische Zinnverbindungen fungieren als Katalysator. Kommt es zu einer Durchmischung beider Komponenten, so reagiert das Äthylsilikat mit den endständigen OH-Gruppen unter Abspaltung von Alkohol (Polykondensation). Die Verdunstung des Alkohols bewirkt eine Schrumpfung des Materials [16,49].

Anders verhält es sich bei den *additionsvernetzenden Silikonen* (A-Silikone). Hierbei enthält die Basiskomponente lineare Ketten mit endständigen Vinylgruppen. Die Reaktorkomponente besteht aus Organohydrogensiloxanen. Als Katalysator fungieren organische Platinverbindungen. Bei einer Durchmischung beider Komponenten bilden sich Äthylbrücken, wobei keine niedermolekularen, flüchtigen Stoffe entstehen (Polyaddition) [16,49].

Durch das bessere Kontraktionsverhalten, die bessere Lagerfähigkeit und eine höhere Wiedergabegenauigkeit sind die A-Silikone den K-Silikonem überlegen [3].

3.3.3.Polyether

Wie auch bei den Silikonem kommt es zu einem gummielastischen Zustand durch die Vermischung zweier Komponenten.

Ausgangsprodukt ist ein Copolymerisat aus Ethylenoxid und Tetrahydrofuran. Bei Ringöffnung verbinden sich die Heterocyklen zu linearen Makromolekülen. Endständige OH-Gruppen werden mit einer ungesättigten Säure verestert, bei der anschließenden Addition von Ethylenimin entstehen Moleküle, die in Gegenwart von Säure zu einer exothermen Polyaddition reagieren [37,49].

Verschiedene Autoren vergleichen in ihren Studien Polyether und Silikone in Bezug auf physikalisch und klinisch relevante Eigenschaften, wie z.B. Abbindeverhalten, elastische Rückstellung, bleibende Deformation und Dimensionsverhalten.

Sowohl **Wirz** als auch **Meiners** stellten eine gute Eignung beider Materialarten bei leichter Überlegenheit der Siloxane gegenüber den Polyethern fest [51,76].

3.4. Abformmethoden

Für die Abformung von präparierten Stümpfen stehen verschiedene Abformmethoden zur Auswahl. Die gebräuchlichsten in der zahnärztlichen Praxis sind die Einphasen-, die Doppelmisch- und die Korrekturabformungen, welche alle Vor- und Nachteile aufweisen [44,45,47,57,77].

Im folgenden sei nur auf die in dieser Arbeit angewandte Doppelmischtechnik eingegangen. Die Doppelmischabformung ist eine einzeitig zweiphasige Abformmethode. Hierbei wird niedervisköses Abformmaterial mit Hilfe einer Abformspritze in den gingivalen Sulcus eingebracht und der präparierte Stumpf umspritzt. Parallel dazu wird der Abformlöffel mit hochviskösem Abformmaterial beschickt. Danach wird der Löffel auf die abzuformenden Zähne gesetzt. Beide Komponenten vermischen sich und härten gleichzeitig aus.

Nach **Wöstmann** bestehen die Nachteile der Doppelmischabformung im zu geringen Staudruck und in auftretenden „Saugnasen“. Durch den im Vergleich zur Korrekturabformung geringeren Staudruck wird das Abformmaterial nicht genügend in den gingivalen Sulcus gepreßt, subgingivale Anteile werden unzureichend abgeformt. Sogenannte „Saugnasen“ entstehen an Unterschnitten der abgeformten Zähne.

Vorteile sind in der Vermeidung von Verdrängungseffekten – oft bei zweizeitigen Abformtechniken auftretend- zu sehen [77,78].

Nach **Dumfahrt und Schäffer** ergibt die Doppelmischmethode nahezu originalgetreue Wiedergabe der abgeformten Stümpfe auf dem Gipsmodell. Im Gegensatz dazu ergab die Korrekturabformung als Vergleichsmethode verkleinerte und deformierte Stümpfe [15].

Auch **Körber und Lehmann** berichten von einer nahezu originalgetreuen Breitenwiedergabe von Modellstümpfen bei Anwendung der Doppelmischmethode [36].

Berger und Mitarbeiter kamen bei Verwendung eines Langzeithärters zu absolut originalgetreuen Ergebnissen, ohne Langzeithärter wies die Doppelmischmethode eine größere Dimensionstreue als die Vergleichsmethoden auf [4].

Auch **Finger und Lockowandt** stellten bei ihren Untersuchungen dimensionsgetreue Ergebnisse fest [19].

Lehmann und Burdorf empfehlen die Verwendung perforierter, individueller Löffel aus Kunststoff mit einem Abstand von 3mm zu den Zahnreihen bei zusätzlicher Benutzung von Haftlack zur Erzielung nahezu originalgetreuer Modellstümpfe [43].

Es muß allerdings darauf hingewiesen werden, daß bei den oben genannten Untersuchungen zur Dimensionswiedergabe der Doppelmischabformung hauptsächlich Veränderungen in der Breite, also transversale Strecken, und nicht wie in dieser Studie Veränderungen in der Höhe, also vertikale Strecken, die sich letztlich auf die Okklusion auswirken, vermessen wurden.

Wichmann und Mitarbeiter hingegen beschäftigten sich auch mit okklusalen Veränderungen zwischen Modell- und Originalstümpfen. Bei Anwendung der Doppelmischmethode resultierten bis zu 19µm zu hohe Stümpfe, bei Anwendung der Korrekturabformung zeigten sich Höhendifferenzen zwischen -36 und +7µm [71,72].

3.5. Artikulatoren

Das Kiefergelenk ist aufgrund seiner dreidimensionalen, räumlichen Bewegungen eines der kompliziertesten Bewegungssysteme im menschlichen Körper. Möchte man dieser Tatsache Rechnung tragen, so ist ein möglichst genauer Bewegungssimulator notwendig.

Für die exakte Herstellung von Zahnersatz müssen nach der Abformung Gipsmodelle erstellt werden. Diese werden anschließend -meist mittels Alabastergips- in mechanische Geräte eingebracht, die die Fixierung von Ober- und Unterkiefermodellen ermöglichen, sogenannte Artikulatoren.

Artikulatoren sind Instrumente, mit denen die Lagebeziehung der Kiefer zueinander im Schlußbiß reproduziert und mit denen Kieferbewegungen simuliert werden können. Damit sind sie maßgebliche Hilfsmittel zur Erstellung von adäquatem Zahnersatz, besonders bezüglich der Okklusion und Artikulation. Im wesentlichen werden Artikulatoren für folgende Zwecke benutzt:

- Diagnostik und Planung (Analyse von statischer und dynamischer Okklusion, Einschleifdiagnostik und kieferorthopädische Therapie)
- Herstellung von Zahnersatz

[26,40,64,65].

In den 60er Jahren stellte **Singer** fest, „... daß der Okkludator heute noch das in der Praxis am häufigsten verwendete Gerät ist. Gründe dafür mag es viele geben, nicht zuletzt den, daß weder der Mittelwert-, noch die Vollwertartikulatoren als mechanische Apparate befähigt sind, die komplexen Bewegungen des Unterkiefers während des Kauzyklus wiederzugeben“[70].

Wie aus der in den 70er Jahren bei diversen Dentaldepots durchgeführte Befragung von **Johanning** [30] ersichtlich wird, wurden damals hauptsächlich Okkludatoren für die Herstellung von Zahnersatz verwendet. Jedoch war eine Tendenz zum Mittelwertartikulator erkennbar.

Dies umso mehr, je größer die Quadrantenversorgung und der Umfang der Kauflächengestaltung war. Da die Imitation der Unterkieferbewegungen mittels Okkludatoren nicht gegeben ist, sprechen sich viele Autoren gegen den Einsatz dieser einfachen Artikulatorenform zur Herstellung von Zahnersatz aus [40,65].

Heutige Empfehlungen der prothetischen Lehrbücher liegen eindeutig in der Anwendung von Artikulatoren in ihren verschiedensten Ausführungsformen (siehe unten) [2,26,28,31,48,65].

Artikulatoren lassen sich zum einen nach der Gelenksituation und nach ihrer Einstellmöglichkeit einteilen:

Nach Gelenksituation:

- Arcon-Artikulatoren

In Anlehnung an die englischen Begriffe „**articulator**“ und „**condyle**“ wurde der Begriff „Arcon“ eingeführt. Nach dem Vorbild der menschlichen Anatomie sind diese Artikulator-typen so gestaltet, daß kugelförmige Imitationen der Kondylen starr auf dem Unterteil befestigt sind und sich am korrespondierenden Oberteil die Führungsflächen befinden [2,65].

- Non-Arcon-Artikulatoren

Diese Artikulatoren sind so konstruiert, daß sich die „Gelenkpfanne“ am Artikulatorunterteil und der „Kondylus“ am Artikulatoroberteil befindet [2,65].

Nach Einstellmöglichkeit:

- Okkludatoren = Scharnierartikulatoren

Mit diesen Geräten können Drehbewegungen des Kiefergelenks nachgeahmt werden. Dabei handelt es sich um reine Scharnierbewegungen. Gleitbewegungen, wie die Protrusion (= Vorschubbewegung des Unterkiefers), und Laterotrusion (=Seitwärtsbewegungen des Unterkiefers) sind nicht durchführbar.

- Mittelwertartikulatoren

Hierbei erfolgt ein mittelwertiger Einbau der Kiefermodelle. Am Patienten individuell ermittelte Werte sind nicht einstellbar. Die Nachahmung von Protrusions- und Laterotrusionsbewegungen ist möglich. Die Gefahr, daß nach Fertigstellung der Restauration Okklusionsstörungen im Mund des Patienten auftreten und korrigiert werden müssen, ist aber gegeben [26].

- Teiljustierbare Artikulatoren

Hier ist eine schädelbezügliche Modellmontage Voraussetzung. Dementsprechend sind Bewegungen des Unterkiefers individuell reproduzierbar. Die Bewegungen des Kiefergelenks in der Sagittalebene (sagittale Kondylenbahn) und die anteriore Führung mittels einstellbarem Frontzahnführungsteller lassen sich in der Regel individuell einstellen.

Mit diesem Artikulatortyp läßt sich z.B. die Funktionsanalyse nach Gerber durchführen [28,48].

- Volljustierbare Artikulatoren

Auch hier ist eine schädelbezogene Modellmontage -mittels Gesichtsbogen oder elektronischer Aufzeichnung der Unterkieferbewegungen (Pantographie) -Voraussetzung. Die Bewegungen können so weitgehend naturgetreu nachgeahmt werden.

4. Material und Methode

4.1. Rahmenbedingungen

Alle Versuche wurden in Laborräumen mit konstanter Luftfeuchtigkeit von 50% und einer Raumtemperatur von 20-23° C durchgeführt, wobei alle Materialien nach Herstellerangaben verarbeitet wurden.

4.2. Vorarbeiten

Es wurde ein Urmodell (Abb.3) weiterverwendet, welches bereits für vorherige Studien zum Vermessen von okklusalen Veränderungen und transversalen Streckenveränderungen bei Anwendung der Triple-Tray-Abformlöffel diente [14,74]. Dieses Urmodell besteht aus einem umgearbeiteten UK-Frasako-Modell. Es wurde an Zahn 45 eine Teilkronen-, an 46 eine Inlay- und an 47 eine Kronenpräparation durchgeführt. Die für die Abformung relevanten Zähne des 4. Quadranten (41-48) sind in Metall gestaltet, 3. Quadrant und Gegenkiefer sind in Kunststoff gehalten.

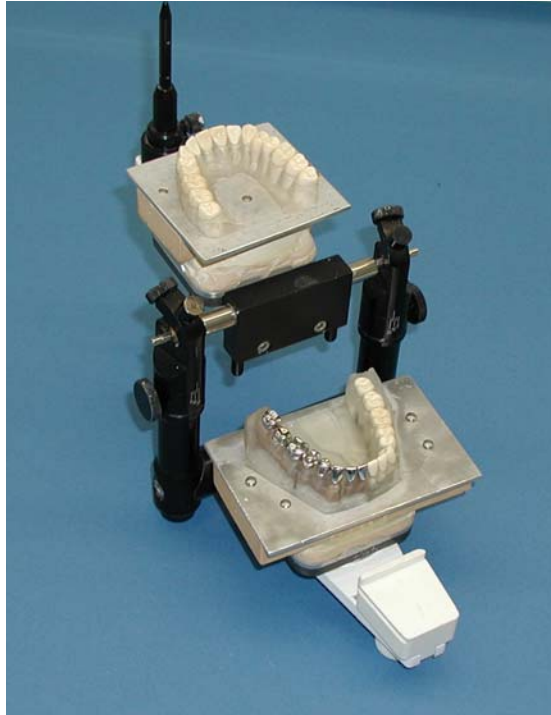


Abb. 3: Artex mit Urmodell

4.3. Materialien

4.3.1. verwendete Abformmaterialien

Es wurden drei verschiedene Abformmaterialien verwendet, um systematische Einflüsse zu verhindern, die durch Benutzung von nur einem Material zur Verzerrung von Ergebnissen führen können. Eventuelle Fehler eines bestimmten Materials werden so ausgeschlossen und ein gewisses Spektrum wird abgedeckt. Da Polyether und Polyvinylsiloxane zu den präzisen Materialien gehören [76], wurden für diese Studie ein Polyether und zwei Polyvinylsiloxane ausgewählt (siehe Tab.1).

Bei dem Abformmaterial **Flexitime** handelt es sich um ein zweiphasiges additionsvernetztes Polyvinylsiloxan (siehe 3.3.). Das Zweikomponentensystem besteht aus einer hochviskosen (**Heavy-Tray**) und einer niedrigviskosen (**Correct Flow**) Phase.

Bei der **Heavy-Tray**-Phase müssen Basis- und Reaktorpaste im **Pentamixgerät** (Abb.5) angerührt werden. Die **Correct-Flow**-Phase wird mittels Mischkanüle und Dispenser vermischt und manuell appliziert.

Laut Herstellerangaben beträgt die Abbindezeit der Phasen 3,5-5 Minuten.

Bei dem Abformmaterial **Impregum Duo Soft** handelt es sich um einen zweiphasigen Polyether (siehe 3.3.). Basis- und Reaktorpaste der hochviskosen (**Penta H**) und der niedrigviskosen Phase (**Penta L**) werden im **Pentamixgerät** angerührt.

Laut Herstellerangaben beträgt die Abbindezeit der Phasen 6- 6,5 Minuten.

Bei dem Abformmaterial **Panasil Binetics** handelt es sich um ein zweiphasiges additionsvernetztes Polyvinylsiloxan (siehe 3.3.). Basis- und Reaktorpaste der hochviskosen Phase werden im **Pentamixgerät** angerührt. Die niedrigviskose **Contact two in one**-Phase wird mittels Mischkanüle und Dispenser vermischt und manuell appliziert.

Da sich das Abformmaterial **Panasil Binetics** noch in der Testphase befand, gab es noch keine Herstellerangaben zur Abbindezeit.

Bei dem Abformmaterial **Kettosil** handelt es sich um ein additionsvernetzendes Abformmaterial auf Polyvinylsiloxanbasis (siehe 3.3.). Dieses kam nur bei Gegenkieferabformungen für den **Artex**-Artikulator zum Einsatz. Die Indikation dieses mittelfließenden Elastomeren ist im wesentlichen auf Situationsabformungen beschränkt. Basis- und Reaktorpaste dieses Zweikomponentensystems werden im **Pentamixgerät** angerührt.

Laut Herstellerangaben beträgt die Abbindezeit 2 Minuten und 40 Sekunden.

Produktname (Chargennummer)	Hersteller
1) <i>Flexitime heavy tray</i> (Basispaste:150513 / Katalysator:150517) <i>Flexitime correct flow</i> (140488)	Heraeus Kulzer
2) <i>Impregum Duo Soft Penta H</i> (Basispaste:0010 / Katalysator: 3159) <i>Impregum Duo Soft Penta L</i> (Basispaste: 0007 / Katalysator: 3183)	Espe/3M
3) <i>Panasil Binetics</i> (Basispaste: 10011 / Katalysator: 10012) <i>Panasil contact two in one</i> (00021)	Kettenbach
4) <i>Kettosil</i> (Basispaste: 10261 / Katalysator: 10261-13)	Kettenbach

Tab.1: Produktnummern der verwendeten Abformmaterialien



Abb.4: Abformmaterialien

4.3.2. Verwendete Abformträger

Die in dieser Studie verwendeten partiellen Abformträger der Firma „Premier Dental Products Company“ (Canada) werden als **Triple-Tray**-Abformlöffel (Abb.2) angeboten.

Triple-Tray-Abformträger zeichnen sich dadurch aus, daß nur bestimmte Segmente des Zahnbogens abgeformt werden. Durch eine eingearbeitete dünne Gaze werden Ober- und Unterkiefer gleichzeitig abgeformt (siehe 3.2.3.).

So werden Abformung der präparierten Zähne, Gegenkieferabformung und Bißregistrat in einem Arbeitsgang vereint.

Bei den in dieser Studie verwendeten Abformlöffel der Firma Ehricke handelt es sich um perforierte Abformlöffel aus Metall. Es kam die Größe 3 zum Einsatz. Mit diesen konfektionierten Abformlöffeln wurden Gesamtkieferabformungen durchgeführt.

4.3.3. Verwendete Artikulatoren / Okkludatoren

In dieser Studie kamen vier verschiedene Artikulatoren / Okkludatorensysteme zum Einsatz (siehe Tab.2).

<i>Produktname</i>	<i>Hersteller</i>	<i>verwendete Abformträger</i>
1.) <i>Artex</i>	Girrbach	Herkömmliche / konfektionierte
2.) <i>Artiflex</i>	Dentsply De Trey	Triple-Tray
3) <i>Intercuspidator</i>	Model Tray	Triple-Tray
4) <i>Okkludator</i>	Dentaurum	Triple-Tray

Tab.2: verwendete Artikulatoren

Der **Artex**-Artikulator (siehe Abb.8) der Firma Girrbach ist ein teiljustierbarer Artikulator vom Non-arcon-Typ (siehe 3.5.).

Kondylenbahnneigung und Bennettwinkel lassen sich individuell einstellen, wurden aber mittelwertig mit 33° und 17° festgelegt.

Im **Artex** wurden die aus Abformungen mit konfektionierten Abformlöffeln resultierenden Gipsmodelle der Gesamtkiefer einartikuliert.

Das **Artiflex**-System (siehe Abb.9) der Firma Dentsply DeTrey besteht aus einem Kunststoff-scharniergelenk mit einer Kugel, welches in ein Kunststofflager mit einer Mulde greift. Das dazugehörige Sockelsystem besteht aus wiederverwendbaren Sockelformern. Nach Ausgießen findet sich im dorsalen Anteil des Gipsmodells eine Rille, in welche die Kunststoffmulde eingeklebt wird. Anschließend wird das Scharniergelenk mit den endständigen Kugeln in die Mulden eingeklebt. Somit sind nur Öffnungs- und Schließbewegungen möglich.

Im **Artiflex**-System wurden die aus Triple-Tray-Abformungen resultierenden partiellen Gipsmodelle einartikuliert.

Das **Intercuspidator**-System der Firma Model-Tray (siehe Abb.9) wurde speziell für die von Model-Tray entwickelten Sockelformer hergestellt. Es handelt sich hierbei um ein System, mit dem in maximaler Intercuspidation durchgeführte Triple-Tray-Abformungen in sogenannten Quatermulden ausgegossen werden. Der **Intercuspidator** ermöglicht ein gipsfreies Einar tikulieren mit Hilfe von Retentionsschraubstiften.

Neben Öffnungs- und Schließbewegungen erlaubt eine Rückholfeder die Simulation von Protrusions- und Lateralbewegungen. Außerdem sind Feststellkippen zur Fixierung der Schlußbißlage vorhanden, sowie Feststellschrauben zur Höhenumstellung.

Im **Intercuspidator**-System wurden die aus Triple-Tray-Abformungen resultierenden partiellen Gipsmodelle einartikuliert.

Der **Okkludator** der Firma Dentaureum (siehe Abb.9) ist ein metallisches Okkludatorsystem. Ober- und Unterteil werden aufeinandergesteckt und können mit Feststellschrauben fixiert werden. Bewegungen lassen sich durch Höhenverstellungen durchführen.

Im Okkludatorsystem wurden die aus Triple-Tray-Abformungen resultierenden partiellen Gipsmodelle einartikuliert.

4.4. Durchführung der Untersuchung

4.4.1. Abformung

Die Auswahl der Abformträger ist durch die Artikulatoren vorgegeben. Für drei Artikulatoren (**Intercuspidator**, **Okkludator** und **Artiflex**) wurden Triple-Tray-Abformträger benutzt.

Für den vierten Artikulator (**Artex**) wurden konventionelle perforierte Serienlöffel Größe 3 (Fa. Ehrlicke) verwendet, die den gesamten Kiefer abformen. Im Gegensatz zur Triple-Tray-Abformung wurde dann aber eine Gegenkieferabformung notwendig. Diese wurde mit **Kettosil** (Fa. Kettenbach) durchgeführt. Eine Kieferrelationsbestimmung war aufgrund der idealen okklusalen Verhältnisse des Urmodells nicht indiziert. Die Kieferrelationsbestimmung im eigentlichen Sinne wird nur in der realen Patientenbehandlung durchgeführt.

Die Abformungen mit **Flexitime** erfolgten mit der Doppelmischtechnik. Die **Heavy-Tray**-Phase wurde im Pentamixgerät² (s. Abb. 5) angerührt. Während des Beschickens des Löffels wurden die präparierten Zähne mit der **Correct-Flow**-Phase umspritzt, anschließend der schon beschickte Löffel. Die **Correct-Flow**-Phase wurde aus einem Dispenser appliziert.

Der beschickte Löffel wurde auf das abzuformende Kiefersegment aufgesetzt. Die Abbindedauer entsprach den Herstellerangaben.

Auf diese Weise wurden 30 Abformungen am Urmodell im 4.Quadranten mit Triple-Tray-Abformträgern und 10 Abformungen am Urmodell im UK mit herkömmlichen Abformlöffeln, also insgesamt 40 Abformungen hergestellt.

² Das Pentamixgerät der Firma Espe/3M ist ein vollmechanisches Mischgerät für Elastomere. Sowohl Polyether als auch Polyvinylsiloxane werden als Zweikomponentensystem mit Schlauchbeuteln in Großkartuschen eingelegt. Nach Aufsetzen einer Mischdüse werden die Komponenten per Knopfdruck vermischt. Nach Studien von *Wirz et al.* werden so beste Voraussetzungen für präzise Modelle geschaffen. Die mechanisch vermischten Abformmaterialien zeigen weniger Blasen [37].

Bei den Abformungen mit **Impregum Duo Soft** wurden sowohl die **Penta H**-Phase als auch die **Penta L**-Phase im Pentamixgerät angerührt. Während der Löffel mit **Penta H** beschickt wurde, wurden die präparierten Zähne mit **Penta L** mittels Elastomerspritze umspritzt und anschließend der beschickte Löffel. Die Abbindedauer entsprach den Herstellerangaben.

Auf diese Weise wurden 30 Abformungen am Urmodell im 4.Quadranten mit Triple-Tray-Abformträgern und 10 Abformungen am Urmodell im UK mit herkömmlichen Abformlöffeln, also insgesamt 40 Abformungen hergestellt.

Bei den Abformungen mit **Panasil Binetics** wurde die Phase mit dem Testmaterial im Pentamixgerät angerührt. Während des Beschickens des Löffels mit der Testphase wurden die präparierten Zähne mit der **Contact two in one**-Phase umspritzt und anschließend der beschickte Löffel. Die **Contact two in one**-Phase wurde mittels Dispenser appliziert.

Auf diese Weise wurden 30 Abformungen am Urmodell im 4.Quadranten mit Triple-Tray-Abformträgern und 10 Abformungen am Urmodell im UK mit herkömmlichen Abformlöffeln, also insgesamt 40 Abformungen hergestellt.

So entstanden insgesamt 120 Abformungen der präparierten Zähne.

Wo das Triple-Tray-Verfahren nicht zum Einsatz kam, wurden noch 30 Gegenkieferabformungen hergestellt.

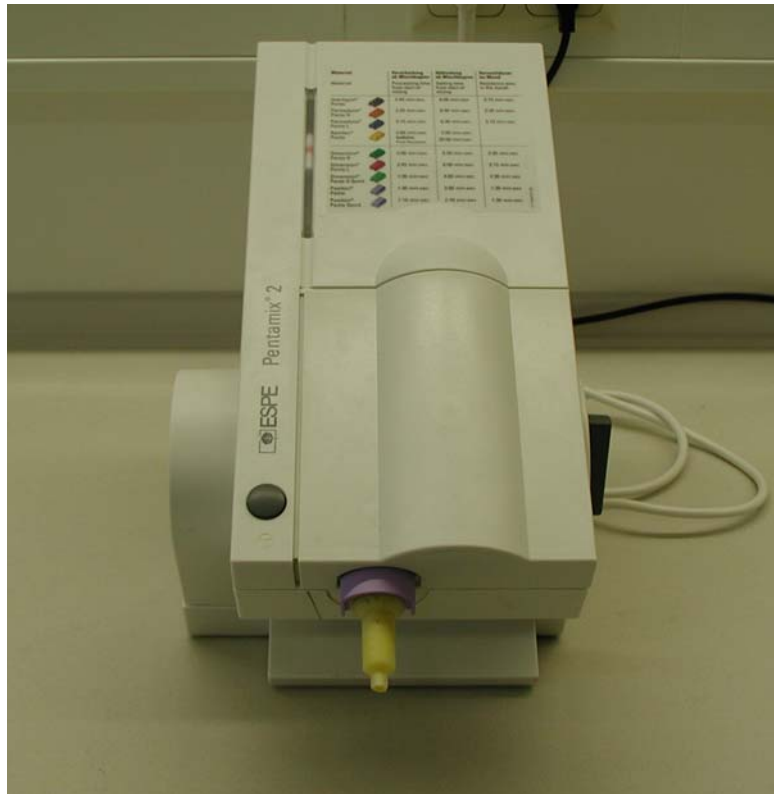


Abb.5: Pentamixgerät

Hersteller	Abformmaterial	Abformmethode	Abformträger	Artikulator
Heraeus	Flexitime	Doppelmisch	Triple-Tray	Intercuspidator
			Triple-Tray	Okkludator
			Triple-Tray	Artiflex
			Konfektioniert	Artex
Espe/3M	Impregum	Doppelmisch	Triple-Tray	Intercuspidator
			Triple-Tray	Okkludator
			Triple-Tray	Artiflex
			Konfektioniert	Artex
Kettenbach	Panasil Binetics	Doppelmisch	Triple-Tray	Intercuspidator
			Triple-Tray	Okkludator
			Triple-Tray	Artiflex
			Konfektioniert	Artex

Tab.3.: Verwendete Materialien, Techniken

4.4.2. Modellherstellung

Es wurde auf die Empfehlung von **Franz** [23], das Ausgießen von Elastomeren frühestens nach 30 Minuten durchzuführen, zurückgegriffen. Theoretisch können A-Silikone und Polyether länger gelagert werden [20].

Nach Lagerzeit von einer Stunde wurden die Abformungen mit Fuji-Rock-Gips³ (Spezialhartgips Typ IV, GC-Corp., Tokyo, Japan- mit einer Abbindeexpansion von 0,1% linear [16]) ausgegossen. Die gleichbleibende Gipsqualität und Anrührmethodik entspricht einem standardisierten Verfahren nach Herstellerangabe. Ein exaktes Gips-Wasser-Verhältnis war durch Verwendung einer Digitalwaage und unter Verwendung von Einmalspritzen zum Abmessen der korrekten Wassermenge bei den je 120 OK- und UK- Modellen gewährleistet.

Um Blasen in der Konsistenz beim Ausgießen zu vermeiden, wurde lehrbuchgerecht das Gips-Wasser-Gemisch in einem Vakuumanrührgerät angerührt und die Abformungen auf einem Rüttler ausgegossen [22,48].

³ Aufgrund der einfachen und zeitsparenden Handhabung ist Gips das meistverwendete Modellmaterial.

Industriell gefertigtes Gipspulver liegt als Halbhydrat vor, bei Zugabe von Wasser geht Gips wieder in den natürlichen Zustand -ein Dihydrat- über. Diese sogenannte Hydratation ist eine exotherme Reaktion. Auch hier finden Volumenveränderungen statt:

Beim Erstarren des Gipsbreis schieben sich die in Lösung schwimmenden Gipskristalle auseinander, es kommt zur Abbindeexpansion. Das Maximum der Abbindeexpansion ist bei den Stones-Gipsen nach einem Tag erreicht. Durch die Verdunstung von interkristallinem Wasser erfolgt eine Zunahme der Härte und eine Kontraktion, welche wiederum ca. ein Drittel der Abbindeexpansion ausmacht. Die Endhärte wird nach fünf bis sieben Tagen erreicht. Die Expansion der Spezialhartgipse beträgt zwischen 0,06 und 0,15 % linear [21,49]. Diese Volumenveränderungen der Gipsmodelle können letztlich auch zu Okklusionsveränderungen führen.

Am besten geeignet für die Anfertigung eines Meistermodells zur Kronen- und Brückenherstellung sind Gipse der Klasse IV, da sie geringe Volumenveränderungen bei gleichzeitig größter Härte aufweisen [48].

Für den **Intercuspidator** und **Okkludator** vorgesehene Modelle wurden mit Model-Tray-Sockelformer Quater-Mulde gesockelt. Modelle für den **Artex** wurden mit Model-Tray-Sockelformern für den ganzen Zahnbogen gesockelt. Für den **Artiflex** kamen spezielle, für diesen Artikulator entwickelte Kunststofförmchen (siehe Abb. 6) zum Einsatz.

Nach dem Ausgießen haben die Gipsmodelle eine Woche gelagert, um den werkstoffbedingten Dimensionsänderungen Rechnung zu tragen [22,49].



Abb. 6: Model-Tray-Sockelformer

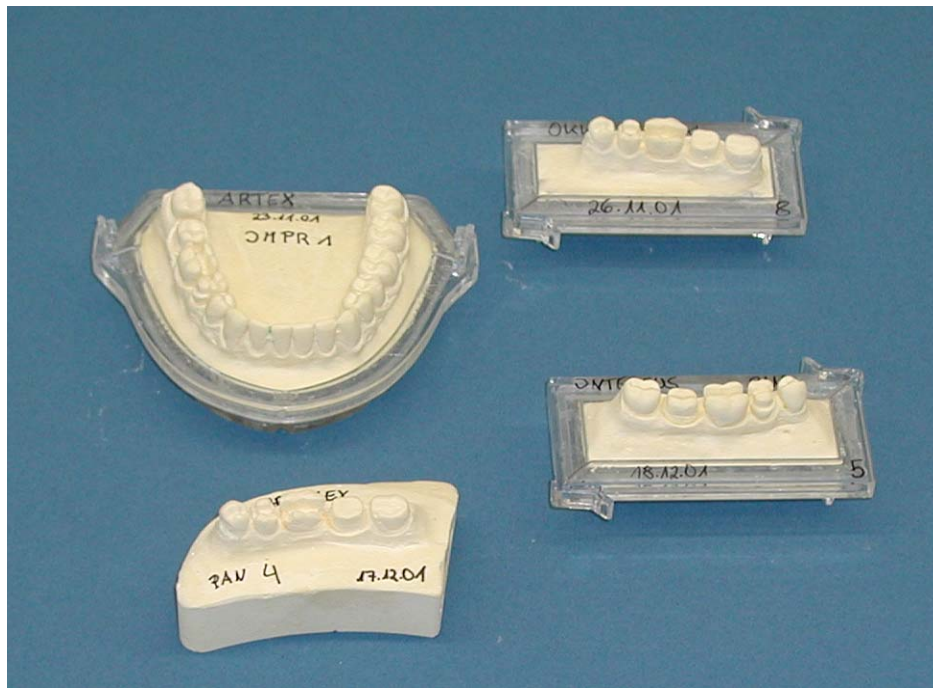


Abb.7: Gipsmodelle

4.4.3. Einartikulieren

Die gesockelten Modelle für den **Artex** (Abb.8) wurden mittelwertig mit Alabastergips einartikuliert. Folgende Arbeitsschritte wurden durchgeführt:

- Die Modellmitte wurde auf die Artikulatormitte ausgerichtet
- Das Unterkiefermodell wurde auf die Kauebene ausgerichtet, d.h. der Inzisalanzeiger zeigte auf den Inzisalpunkt (Berührungspunkt der Schneidekanten der beiden mittleren, unteren Incisivi), gleichzeitig schlossen distobukkale Höcker der Zähne 37 und 47 mit dem angebrachten Artikulationsband ab
- Das Oberkiefermodell wurde in der maximalen Intercuspidation zum Unterkiefermodell fixiert und mit Alabastergips einartikuliert

Die gesockelten Modelle für den **Artiflex** (Abb.9) und den **Okkludator** (Abb.9) wurden mittelwertig mit Alabastergips in maximaler Interkuspidation einartikuliert.

Beim **Intercuspidator** (Abb.9) wurden die Modelle gipsfrei mit Retentionsschraubenstiften fixiert, ebenso in der maximalen Interkuspidation.



Abb.8: Modelle im Artex



Abb.9: Modelle im Intercuspidator (links), Artiflex (Mitte), Okkludator (rechts)

4.4.4. Herstellung der Bißschlüssel

Für jedes der 120 Modellpaare wurde ein Bißschlüssel angefertigt. Diese Bißschlüssel erstreckten sich über die präparierten Zähne 45-47 und deren Antagonisten.

Als erster Schritt wurden die genannten Zähne mit einem Isoliermittel Gips gegen Kunststoff (Separating Fluid von Ivoclar) isoliert. In die aufgeklappten Artikulatoren wurde Protemp Garant⁴ mit einem Dispenser eingespritzt, anschließend wurden die Artikulatoren zügig zugeklappt. Nach Herstellerangaben wurde das Material ausgehärtet, und in einem hartelastischen Zustand vorsichtig von den Zahnreihen abgelöst.

Nach vollständiger Aushärtung wurde die durch Luftsauerstoff oberflächlich entstandene Schmierschicht mit einem organischen Lösungsmittel (Alkohol) entfernt. Überschüssige und das Reponieren und die Okklusion behindernde Anteile wurden mit einer Kunststofffräse entfernt. Nach nochmaliger Reinigung wurden die Bißschlüssel auf die Artikulatoren reponiert und die maximale Interkuspidation hergestellt. Dabei mußte gewährleistet sein, daß die Bißschlüssel spaltfrei zwischen den Zahnreihen saßen. Erfüllte ein Bißschlüssel diese Kriterien nicht, oder hatte er keinen schaukelfreien Sitz, so wurde er verworfen und ein neuer hergestellt.

⁴ Bei dem für die Herstellung der Bißschlüssel verwendeten Protemp Garant der Firma Espe / 3M handelt es sich um ein Composite (Kunststoff) für provisorische Kronen und Brücken auf Methacrylsäureesterbasis. Das Zweikomponentensystem wird mittels Dispenser und Mischkanüle angemischt und manuell appliziert.

Laut Herstellerangaben beträgt die Abbindezeit der Phasen 5 Minuten und 30 Sekunden.

Auch dieses Material unterliegt Volumenveränderungen. Zur Polymerisationsschrumpfung gibt es keine Herstellerangaben, in der Literatur finden sich Werte von 0,4 bis 2,0 % linear [12].

4.4.5. Bestimmung der Kondylenverlagerung

Mit den so hergestellten Bißschlüsseln sollten nun okklusale Veränderungen gemessen werden. Hierzu wurden die Bißschlüssel in das Urmodell eingebracht, das Urmodell wiederum wurde in den Kondymeter gesetzt. Dieses ist ein spezieller SAM-Artikulator, an dem sechs Meßbuhren im Bereich der Kondylenachsen angebracht sind (Abb.10). Durch die Meßbuhren sind Veränderungen der Kieferrelation im Bereich beider Kondylen direkt bestimmbar. Je drei Meßbuhren sind im rechten Winkel zu jeder Kondyle befestigt. Der obere Teil des Artikulators mit dem Oberkiefermodell ist für Bewegungen, die in drei Richtungen gemessen werden frei beweglich. Die Basis mit dem Unterkiefermodell wird vom Artikulator in den Kondymeter übertragen und mit einem Fehler $<5\mu\text{m}$ remontiert. Über eine DMX-Box (Mitotoyo, Neuss) sind die Meßbuhren an einen PC angeschlossen. Damit ist eine dreidimensionale Messung der Kondylenverlagerung und somit der okklusalen Veränderungen beider Seiten möglich. Ein Auf- und Zuklappen des Kondymeters findet vor jeder Messung statt. Durch die Veränderung der Koordinaten nach Einsetzen der Bißschlüssel wird die Gesamtabweichung im Bereich der Kondylen dreidimensional dargestellt.

Über ein von der Universität Gießen entwickeltes Meßprogramm (**EPB= Elastomere Bißregistrierungsmaterial Prüfung**, [c] B.Wöstmann, 1997)) wurden nun die Messungen durchgeführt und gespeichert:

- Zuerst wurde das Urmodell ohne Bißschlüssel plaziert und in Nullposition gebracht.
- Der nächste Schritt bestand in fünf Eichmessungen.
- Danach wurde der Schlüssel spaltfrei auf das Urmodell gesetzt und zehnmal vermessen.
- Zur Kontrolle wurden zuletzt fünf Korrekturmessungen - diesmal wieder ohne Bißschlüssel - durchgeführt.
- Die so erhaltenen Werte wurden gespeichert.

Das Prozedere erfolgte in dieser Weise bei allen 120 Bißschlüsseln.

Zur Überprüfung des Systems und somit zur Qualitätssicherung wurden noch hundert Leer-messungen durchgeführt.

In das PC-Programm ist die Formel „ Gesamtfehler= $\sqrt{x^2+y^2+z^2}$ “ eingebunden, die eine Umwandlung des Satzes des Pythagoras darstellt [79].

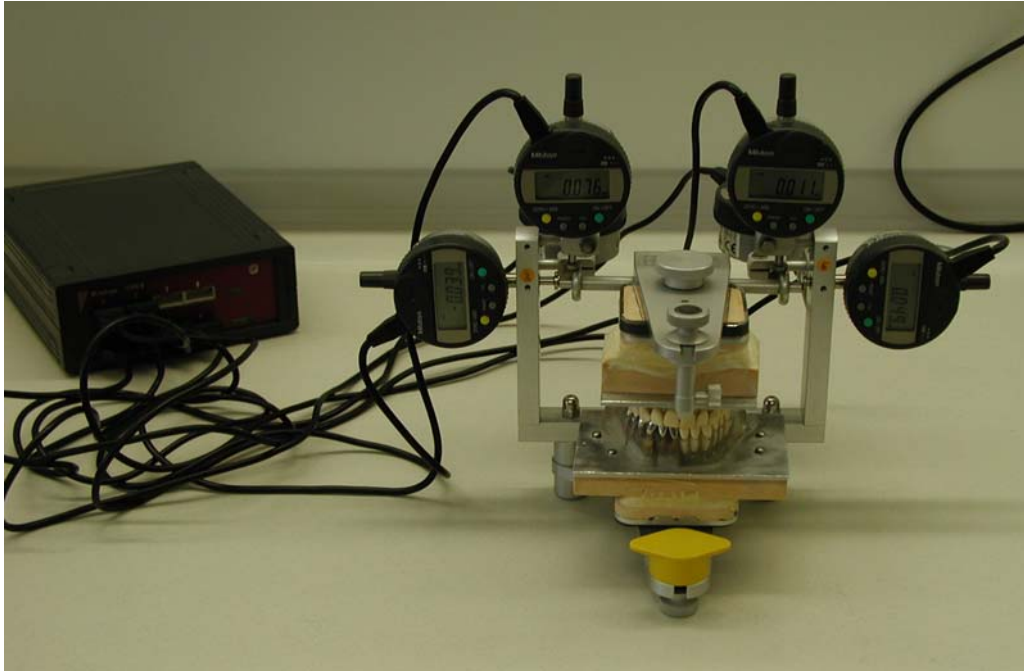


Abb.10: Urmodell im Kondymeter mit Messuhren und DMX-Box (links)

4.4.6. Umarbeiten der Bißschlüssel

Im zweiten Teil dieser Untersuchung sollte überprüft werden, welche Rolle der Gestaltung des okklusalen Reliefs, der Kauflächengestaltung zukommt. Auch sollte in diesem Teil die klinische Tauglichkeit der verwendeten Artikulatoren-/ Okkludatorensysteme beim Umarbeiten der Bißschlüssel in provisorischen Kronen-/ Brückenersatz überprüft werden. Zu diesem Zwecke wurden die Bißschlüssel, welche in der ersten Meßreihe okklusal Impressionen des Gegenkiefers enthielten, umgearbeitet. Die Bißschlüssel wurden ihren ursprünglichen Modellen in ihren ursprünglichen Artikulatoren wieder zugeordnet.

Dann wurden sie –hauptsächlich von okklusal- zu provisorischem Kronen-/Brückenersatz beschliffen (s.Abb.11 und 12). Mit Hilfe von Okklusionspapier und Shimstockfolie fand die Okklusionskontrolle statt.



Abb.11: Bißschlüssel unbeschliffen



Abb.12: Bißschlüssel beschliffen

4.4.7. Bestimmung der Kondylenverlagerung der umgearbeiteten Bißschlüssel

Diese zweite Meßreihe wurde genauso durchgeführt wie die unter 5. -Vermessen der Bißschlüssel- beschriebene Meßreihe.

Auch hier wurden die Ergebnisse der 120 Messungen + der 100 Leermessungen im PC gespeichert.

4.5. Auswertung der Ergebnisse

Die Auswertung und statistische Bearbeitung der Daten erfolgte ausnahmslos mit dem Programm SPSS Win 10 [60].

4.5.1. Statistische Methoden

Versuchsserie 1:

Die Darstellung der Streubreite der Werte erfolgte mittels Boxplots (Abb.13).

Versuchsserie 2:

Die Darstellung der Streubreite der Werte erfolgte wie in der ersten Versuchsreihe mittels Boxplots (Abb.7).

Zusätzlich wurden die Werte für jeden Artikulator in Verbindung mit den verschiedenen Abformmaterialien auf Gleichheit und Signifikanz geprüft. Die Auswertung erfolgte mittels des nicht parametrischen Verfahrens *Mann-Whitney U-Test*[60].

Erklärung eines Boxplots:

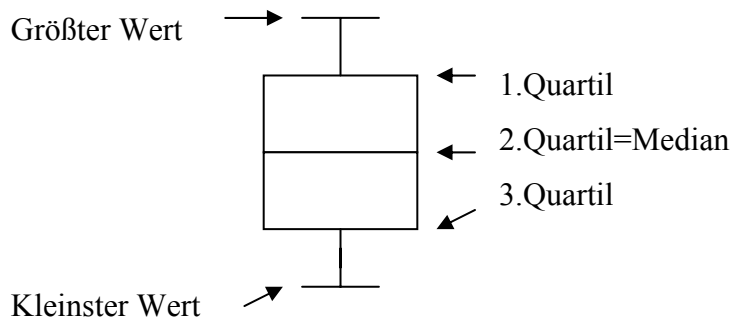


Abb.13: Boxplot

Der Boxplot besteht aus einer Box, die vom 1. und 3. Quartil begrenzt wird.

Das 1. Quartil ist der Punkt der Meßwertskala, unterhalb dessen 25% der Meßwerte liegen.

Das 2. Quartil (Median) ist der Punkt der Meßwertskala, unterhalb dessen 50% der Meßwerte liegen.

Das 3. Quartil ist der Punkt der Meßwertskala, unterhalb dessen 75% der Meßwerte liegen.

4.5.2. Bearbeitung der Daten

Versuchsserie 1

Die Messungen der okklusalen Veränderungen, also der Kondylenverlagerungen wurden direkt in die EDV eingelesen. Dazu wurden, wie unter 5.-Vermessen der Bißschlüssel- schon erwähnt, zuerst fünf Eichmessungen ohne, dann zehn Messungen mit Bißschlüssel, danach noch einmal fünf Korrekturmessungen ohne Bißschlüssel durchgeführt. Die Meßwerte wurden direkt in das Meßprogramm übertragen. Die Ergebnisse jeder einzelnen Messung wurden im Meßprogramm gespeichert.

Versuchsserie 2

Wie bei der ersten Versuchsreihe wurden die Werte hier auch vom Meßprogramm gespeichert.

In beiden Versuchsserien wurden die Daten in das Programm SPSS/WIN 10 [9] übertragen und dort ausgewertet. Dabei wurden zunächst Ausreißerwerte bestimmt und erneut nachgemessen. Sofern kein Meßfehler vorlag, wurden neue Bißschlüssel angefertigt, vermessen und gespeichert.

5. Ergebnisse

5.1. Versuchsserie 1

Die Ergebnisse der Versuchsserie 1 sind unter Abb.14 dargestellt. Bei der Gegenüberstellung aller verwendeten Materialien, also aller vier Artikulatoren in Kombination mit allen drei Abformmaterialien, liegt die Streubreite der Kondylenverlagerung zwischen ca. 200 und 1400 μm .

Die Kombination **Artex/Flexitime** zeigt eine Streubreite im Bereich von etwa 460-1280 μm mit einem Interquartilabstand von etwa 640-1080 μm . Der Median liegt bei etwa 820 μm .

Die Kombination **Artex/Impregum** zeigt eine Streubreite im Bereich von etwa 420-960 μm mit einem Interquartilabstand von etwa 640-820 μm . Der Median liegt bei etwa 720 μm .

Die Kombination **Artex/Panasil** zeigt eine Streubreite im Bereich von etwa 240-1360 μm , dieses ist die größte gefundene Streubreite. Mit einem Interquartilabstand von etwa 500-1080 μm entspricht dieses Ergebnis dem höchsten Wert. Der Median liegt bei etwa 740 μm .

Die Kombination **Artiflex/Flexitime** zeigt eine Streubreite im Bereich von etwa 320-940 μm mit einem Interquartilabstand von etwa 460-800 μm . Der Median liegt bei etwa 600 μm .

Die Kombination **Artiflex/Impregum** zeigt eine Streubreite im Bereich von etwa 240-1180 μm mit einem Interquartilabstand von etwa 380-740 μm . Der Median liegt bei etwa 500 μm , dieses Ergebnis entspricht dem niedrigsten gefundenen Wert

Die Kombination **Artiflex/Panasil** zeigt eine Streubreite im Bereich von etwa 520-1180 μm mit einem Interquartilabstand von etwa 740-960 μm . Der Median liegt bei etwa 880 μm .

Die Kombination **Intercuspidator/Flexitime** zeigt eine Streubreite im Bereich von etwa 480-960 μm mit einem Interquartilabstand von etwa 620-780 μm , dieser Wert entspricht dem niedrigsten Interquartilabstand. Der Median liegt bei etwa 720 μm .

Die Kombination **Intercuspidator/Impregum** zeigt die niedrigste Streubreite im Bereich von etwa 820-1140 μm mit einem Interquartilabstand von etwa 900-1060 μm . Der Median liegt bei etwa 1000 μm , der höchste gefundene Medianwert.

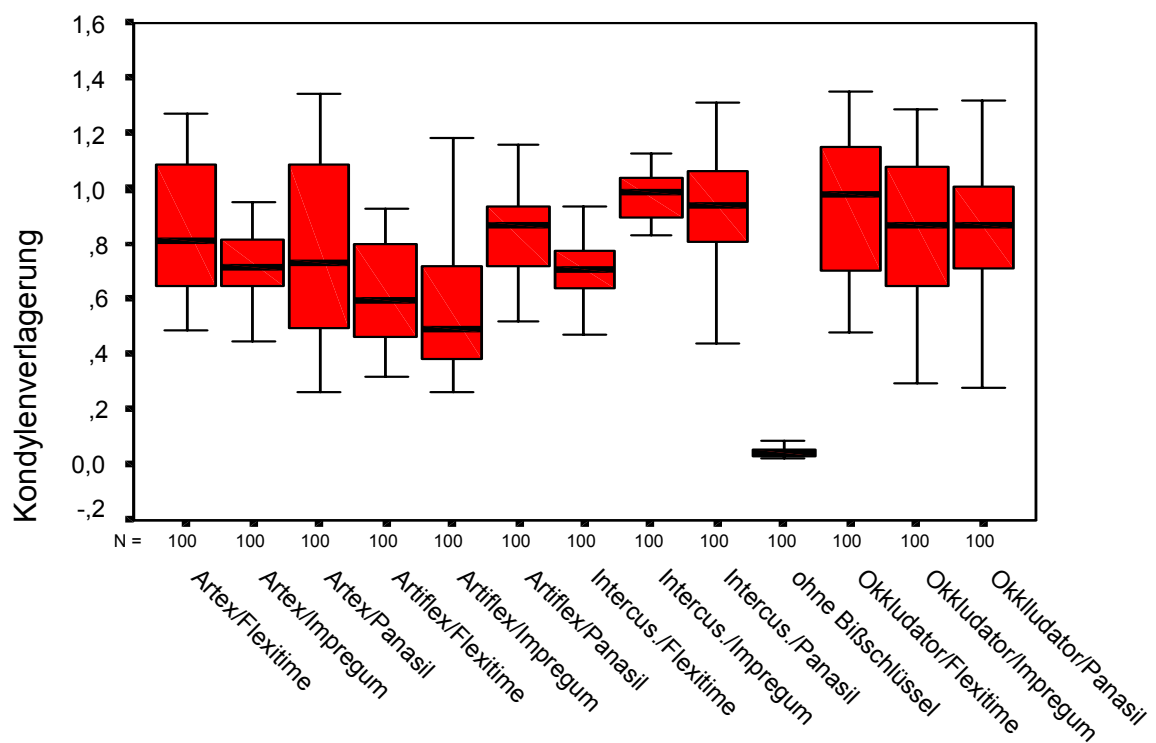
Die Kombination **Intercuspidator/Panasil** zeigt eine Streubreite im Bereich von etwa 420-1340 μm mit einem Interquartilabstand von etwa 820-1080 μm . Der Median liegt bei etwa 960 μm .

Ohne Bißschlüssel liegt die Streubreite im Bereich von etwa 40-80µm mit einem Interquartilabstand von etwa 40-60µm. Der Median liegt bei etwa 40µm, dies entspricht dem „Rauschen des Meßsystems“.

Die Kombination **Okkludator/Flexitime** zeigt eine Streubreite im Bereich von etwa 480-1380µm mit einem Interquartilabstand von etwa 700-1140µm. Der Median liegt bei etwa 1000µm, dieser Wert ist wie bei der Kombination **Intercuspidator/Impregum** der höchste Medianwert.

Die Kombination **Okkludator/Impregum** zeigt eine Streubreite im Bereich von etwa 280-1300µm mit einem Interquartilabstand von etwa 640-1080µm. Der Median liegt bei etwa 880µm.

Die Kombination **Okkludator/Panasil** zeigt eine Streubreite im Bereich von etwa 260-1340µm mit einem Interquartilabstand von etwa 720-1020µm. Der Median liegt bei etwa 880µm.



MATERIAL

Abb.14: Ergebnisse aller verwendeten Materialien

Unter Abb.15 sind nur die Artikulatoren im Vergleich dargestellt. Hierbei sind nur geringe Unterschiede ersichtlich.

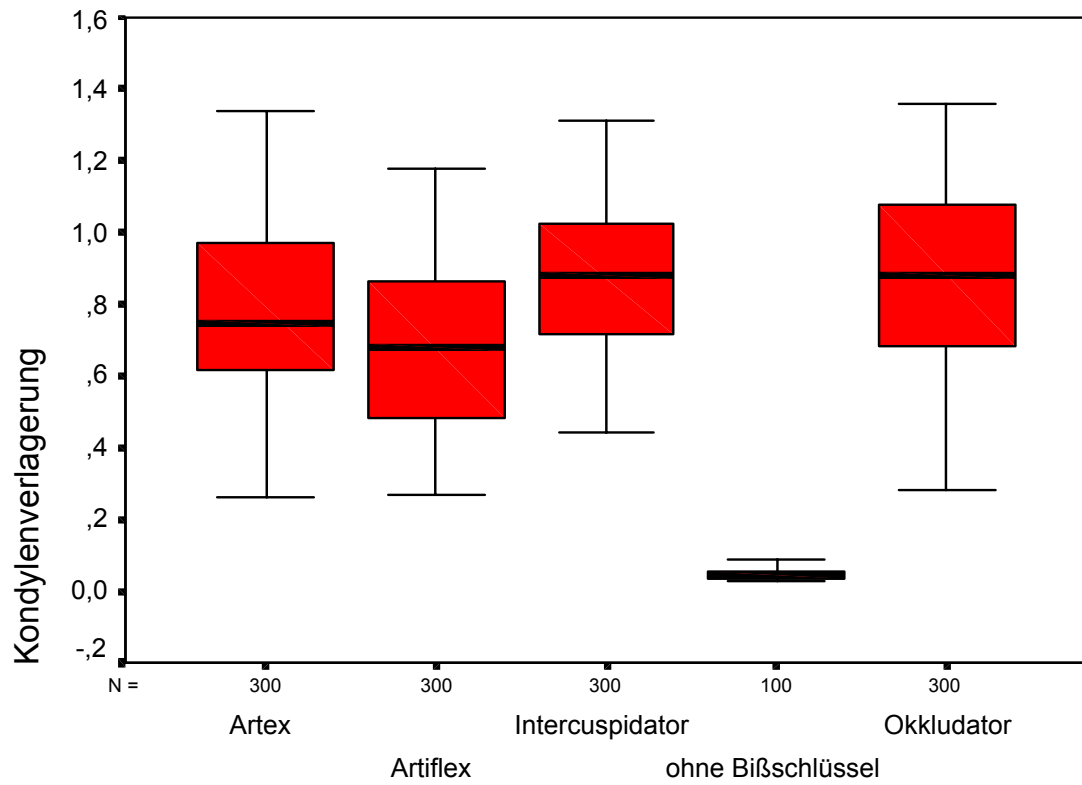
Der **Artex** zeigt eine Streubreite im Bereich von etwa 260-1340 μ m. Dieser Wert entspricht der größten Streubreite. Der Interquartilabstand liegt bei etwa 600-980 μ m. Der Median liegt bei etwa 740 μ m.

Der **Artiflex** zeigt eine Streubreite im Bereich von etwa 260-1180 μ m mit einem Interquartilabstand von etwa 480-860 μ m. Der Median liegt bei etwa 680 μ m, dieses ist der niedrigste Medianwert.

Der **Intercuspidator** zeigt die niedrigste Streubreite im Bereich von etwa 440-1320 μ m mit dem geringsten Interquartilabstand von etwa 720-1020 μ m. Der Median liegt bei etwa 880 μ m, dieses entspricht dem höchsten Wert.

Ohne Bißschlüssel liegt die Streubreite im Bereich von etwa 40-100 μ m mit einem Interquartilabstand von etwa 40-60 μ m. Der Median liegt bei etwa 40 μ m.

Der **Okkludator** zeigt neben dem **Artex** die größte Streubreite im Bereich von etwa 280-1360 μ m und den größten Interquartilabstand von etwa 680-1080 μ m. Der Median liegt, wie beim **Intercuspidator** am höchsten, bei etwa 880 μ m.



Artikulator

Abb.15: Ergebnisse aller verwendeten Artikulatoren

Unter Abb.16 sind auch die Abformmaterialien gegeneinander dargestellt.

Flexitime zeigt eine Streubreite im Bereich von etwa 320-1360 μ m mit dem niedrigsten Interquartilabstand von etwa 600-920 μ m. Der Median liegt bei etwa 740 μ m, dieser Wert ist der niedrigste gefundene Median.

Impregum zeigt die niedrigste Streubreite im Bereich von etwa 260-1300 μ m mit einem Interquartilabstand von etwa 600-980 μ m, dieses ist der höchste Interquartilabstand. Der Median liegt bei etwa 820 μ m.

Ohne Bißschlüssel liegt die Streubreite im Bereich von etwa 40-80 μ m mit einem Interquartilabstand von etwa 40-60 μ m. Der Median liegt bei etwa 40 μ m.

Panasil zeigt die größte Streubreite im Bereich von etwa 260-1360 μ m mit einem Interquartilabstand von etwa 780-1000 μ m. Der Median liegt bei etwa 860 μ m, dieser Wert ist der höchste Medianwert.

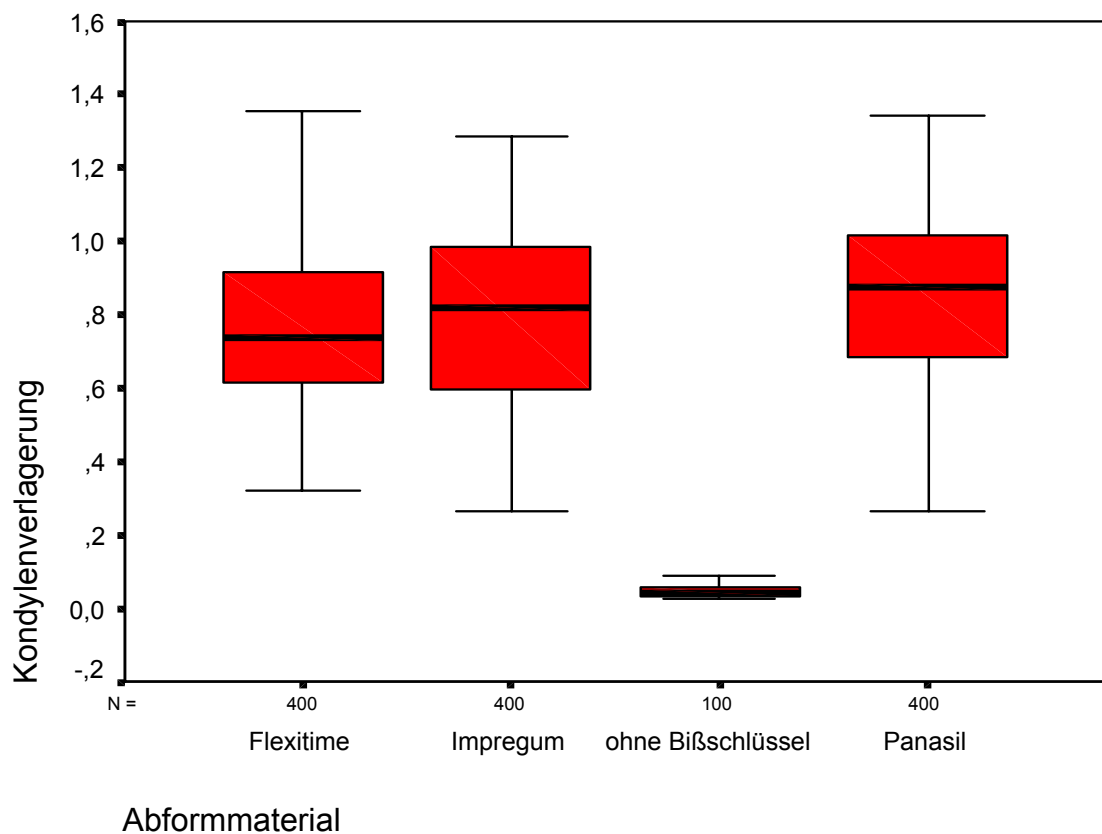


Abb.16: Ergebnisse aller verwendeten Abformmaterialien

5.2. Versuchsserie 2

Die Ergebnisse der Versuchsserie 2 sind unter Abb.17 dargestellt. Auch hier fand eine Gegenüberstellung aller benutzten kombinierten Artikulatoren und Abformmaterialien statt. Die Werte der okklusalen Abweichungen bei den zu provisorischem Kronen-/und Brückenersatz gestalteten Bißschlüsseln sind sehr ausgeglichen und liegen in einem Interquartilabstand von etwa 100-380 µm.

Bei der Gegenüberstellung aller verwendeten Materialien, also aller vier Artikulatoren in Kombination mit allen drei Abformmaterialien, liegt die Streubreite der Kondylenverlagerung zwischen ca. 200 und 1400 µm.

Die Kombination **Artex/Flexitime** zeigt eine Streubreite im Bereich von etwa 60-380µm mit einem Interquartilabstand von etwa 120-220µm. Der Median liegt bei etwa 160µm. Dieses Ergebnis entspricht dem niedrigsten Medianwert.

Die Kombination **Artex/Impregum** zeigt eine Streubreite im Bereich von etwa 20-380µm mit einem Interquartilabstand von etwa 100-220µm. Der Median liegt bei etwa 160µm, ebenso wie bei **Artex/Flexitime** ist dieses der niedrigste Medianwert.

Die Kombination **Artex/Panasil** zeigt eine Streubreite im Bereich von etwa 100-440µm, mit einem Interquartilabstand von etwa 180-280µm. Der Median liegt bei etwa 220µm.

Die Kombination **Artiflex/Flexitime** zeigt eine Streubreite im Bereich von etwa 60-400µm mit einem Interquartilabstand von etwa 180-260µm. Der Median liegt bei etwa 220µm.

Die Kombination **Artiflex/Impregum** zeigt die größte Streubreite im Bereich von etwa 20-400µm mit dem höchsten Interquartilabstand von etwa 140-360µm. Der Median liegt bei etwa 200µm.

Die Kombination **Artiflex/Panasil** zeigt eine Streubreite im Bereich von etwa 100-420µm mit einem Interquartilabstand von etwa 220-320µm. Der Median liegt bei etwa 260µm.

Die Kombination **Intercuspidator/Flexitime** zeigt eine Streubreite im Bereich von etwa 120-540µm mit einem Interquartilabstand von etwa 220-380µm. Der Median liegt bei etwa 300 µm.

Die Kombination **Intercuspidator/Impregum** zeigt eine Streubreite im Bereich von etwa 140-480µm mit einem Interquartilabstand von etwa 260-360µm. Der Median liegt bei etwa 320µm.

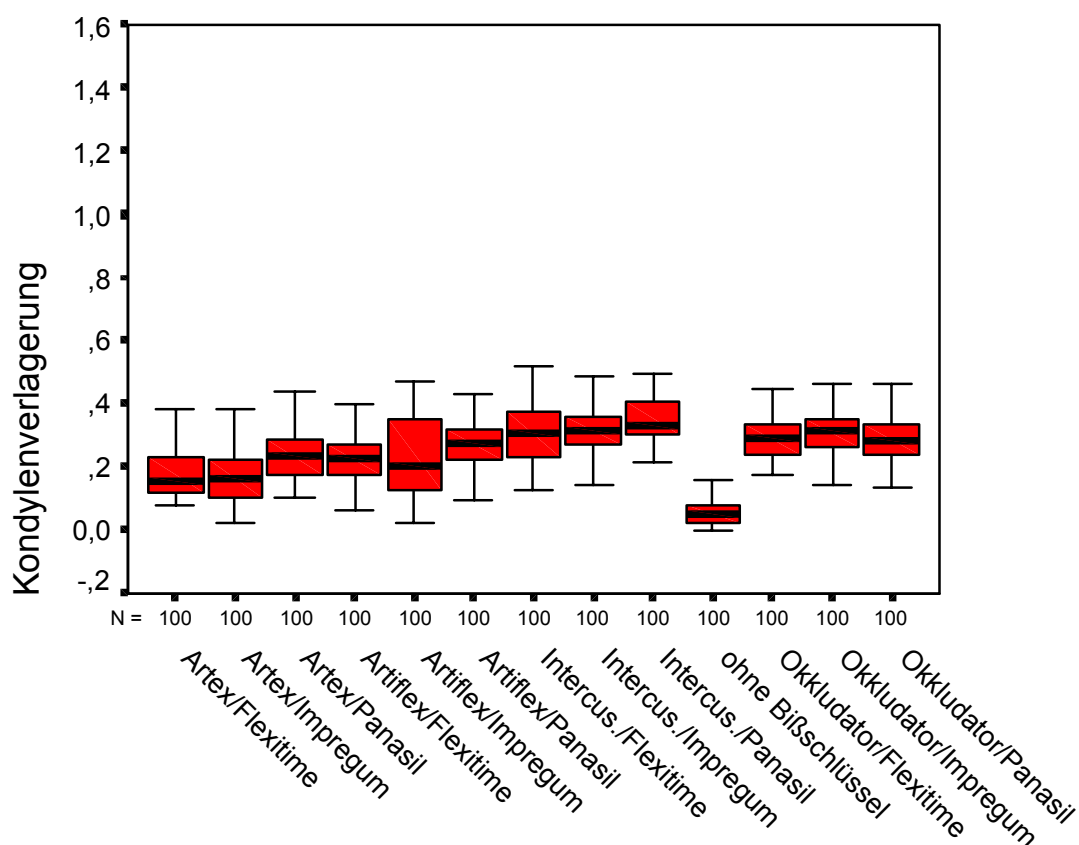
Die Kombination **Intercuspidator/Panasil** zeigt eine Streubreite im Bereich von etwa 220-500µm mit einem Interquartilabstand von etwa 300-400µm. Der Median liegt bei etwa 340 µm, dieses entspricht dem höchsten gefundenen Medianwert.

Ohne Bißschlüssel liegt die Streubreite im Bereich von etwa 20-160µm mit einem Interquartilabstand von etwa 40-80µm. Der Median liegt bei etwa 60µm.

Die Kombination **Okkludator/Flexitime** zeigt die geringste Streubreite im Bereich von etwa 180-460µm mit einem Interquartilabstand von etwa 220-340µm. Der Median liegt bei etwa 280µm.

Die Kombination **Okkludator/Impregum** zeigt eine Streubreite im Bereich von etwa 160-480µm mit einem Interquartilabstand von etwa 260-360µm. Der Median liegt bei etwa 320 µm.

Die Kombination **Okkludator/Panasil** zeigt eine Streubreite im Bereich von etwa 160-480µm mit einem Interquartilabstand von etwa 220-340µm. Der Median liegt bei etwa 280 µm.



MATERIAL

Abb. 17: Ergebnisse aller verwendeten Materialien

Unter Abb.18 sind die Artikulatoren untereinander im Vergleich dargestellt. Auch hier sind die Unterschiede eher gering.

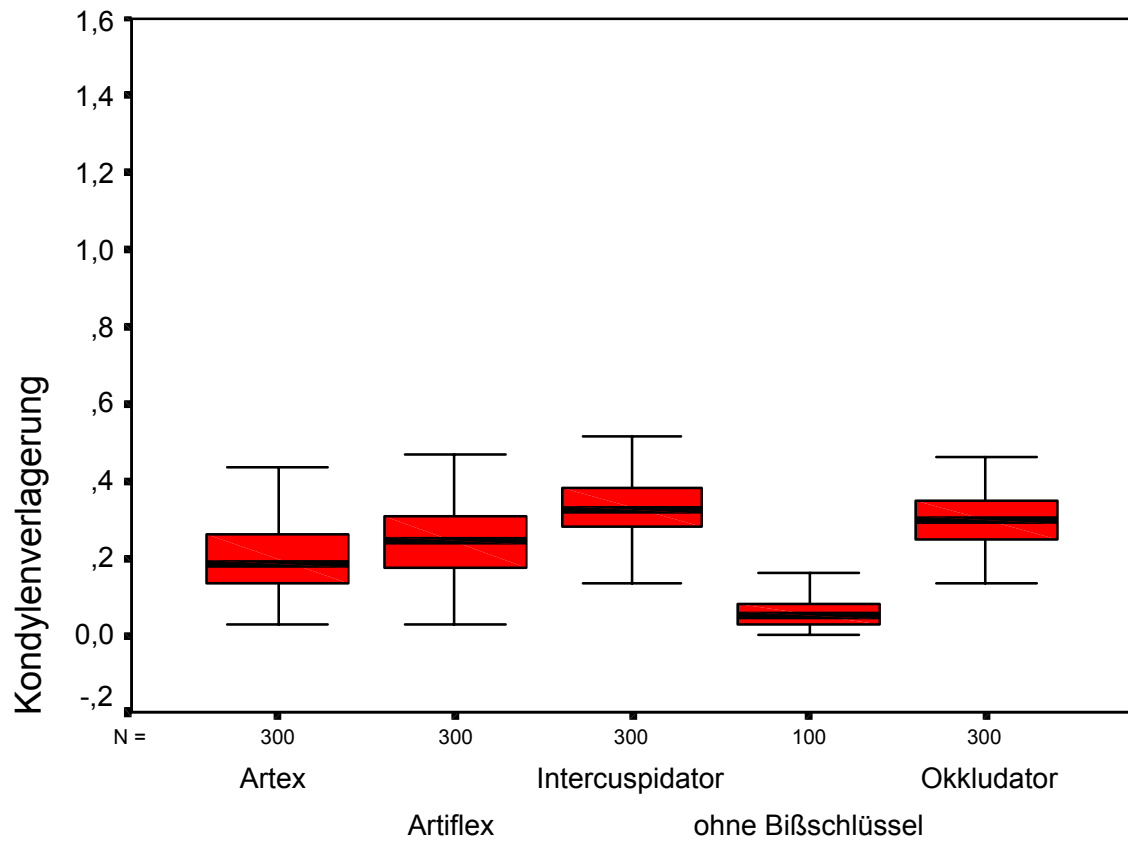
Der **Artex** zeigt eine Streubreite im Bereich von etwa 40-440 μ m mit einem Interquartilabstand von etwa 140-260 μ m. Der Median liegt bei etwa 180 μ m, dieses Ergebnis entspricht dem niedrigsten Medianwert.

Der **Artiflex** zeigt die größte Streubreite im Bereich von etwa 40-460 μ m mit dem höchsten Interquartilabstand von etwa 180-300 μ m. Der Median liegt bei etwa 240 μ m.

Der **Intercuspidator** zeigt eine Streubreite im Bereich von etwa 140-500 μ m mit dem geringsten Interquartilabstand von etwa 280-380 μ m. Der Median liegt bei etwa 320 μ m, dieses Ergebnis entspricht dem höchsten gefundenen Medianwert.

Ohne Bißschlüssel liegt die Streubreite im Bereich von etwa 20-160 μ m mit einem Interquartilabstand von etwa 40-80 μ m. Der Median liegt bei etwa 60 μ m.

Der **Okkludator** zeigt die niedrigste Streubreite im Bereich von etwa 140-460 μ m mit einem Interquartilabstand von etwa 240-340 μ m. Dieser Wert ist wie beim **Intercuspidator** der niedrigste. Der Median liegt bei etwa 300 μ m.



Artikulator

Abb.18: Ergebnisse aller verwendeten Artikulatoren

5.3. Statistische Analyse

Unter Tab.4 sind die Ergebnisse des *Mann-Whitney U-Tests* dargestellt.

Arte Imp	Arte Pan	Okkl Fle	Okkl Imp	Okkl Pan	Arti Fle	Arti Imp	Arti Pan	Inte Fle	Inte Imp	Inte Pan	ohne Biß	
n.s.	***	***	**	***	***	*	***	***	***	***	***	Arte Fle
	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	Arte Imp
		***	***	***	n.s.	n.s.	**	***	***	***	***	Arte Pan
			n.s.	n.s.	***	***	*	n.s.	*	***	***	Okkl Fle
				*	***	***	***	n.s.	n.s.	**	***	Okkl Imp
					***	**	n.s.	n.s.	**	***	***	Okkl Pan
						n.s.	***	***	***	***	***	Arti Fle
							*	***	***	***	***	Arti Imp
								**	***	***	***	Arti Pan
									n.s.	**	***	Inte Fle
										**	***	Inte Imp
											***	Inte Pan

Tab.4: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests

Erläuterung:

n.s. = nicht signifikant

* = $p < 0,05$

** = $p < 0,01$

*** = $p < 0.001$

Arte = Artex

Fle = Flexitime Heavy Tray

Okkl = Okkludator

Imp = Impregum Duo Soft

Arti = Artiflex

Pan = Panasil Binetics

Inte = Intercuspidator

ohne Biß = ohne Bißschlüssel

Beim *Mann-Whitney U-Test* wurden alle Kombinationen der verwendeten Materialien untereinander auf Signifikanz getestet. Dabei wurden die unter 6.2 beschriebenen Ergebnisse der Versuchsserie 2 bestätigt.

Besondere Signifikanz zeigen die Kombinationen **Artex/ Impregum** , **Intercuspidator/ Panasil** sowie der Vergleich gegenüber **ohne Bißschlüssel**.

6. Diskussion

6.1. Allgemeines

Ziel dieser Arbeit war es, nach Abformung mit partiellen Abformträgern, sogenannten Triple-Tray-Abformträgern, hergestellte Gipsmodelle in Hinblick auf okklusale Veränderungen zu überprüfen. Als Vergleich dienten Gipsmodelle nach Abformung mit herkömmlichen Abformlöffeln.

Diese okklusalen Veränderungen können sich in nicht adäquat hergestelltem Zahnersatz bemerkbar machen. Mängel wie Suprakontakte und Balancehindernisse sind u.a. das Resultat. Wird der Zahnersatz so eingegliedert und die Mängel nicht behoben, können verschiedene pathologische Veränderungen am Zahn bzw. am gesamten Kausystem festgestellt werden. In der Klinik können sich verschiedene Krankheitsformen manifestieren, welche vereinzelt auftreten oder sich gegenseitig bedingt multiplizieren. Diese reichen bei lokalisierten okklusalen Störungen über parodontale Schädigungen, wie gingivalen Rezessionen und Zahnlockerung, bis zu Schädigungen der Zahnhartsubstanzen, wie z.B. keilförmige Defekte, Zahnüberempfindlichkeiten oder pulpitische Beschwerden. Bei schweren klinischen Erscheinungsformen lokalisierter okklusaler Störungen oder multiplen okklusalen Störungen resultieren Schädigungen am gesamten Kauorgan Parafunktionen, wie z.B. Bruxismus oder Kiefergelenkserkrankungen, wie Diskopathien, Kiefergelenksdislokationen oder Arthromyopathien [17].

Der richtigen Herstellung von Zahnersatz mit einer adäquaten okklusalen Gestaltung durch ein Höcker- und Fissurenrelief kommt demnach klinisch eine wichtige Rolle zu. Letztlich ist es aber die Aufgabe des Zahnarztes, den im Labor hergestellten Zahnersatz in der Okklusion zu überprüfen und gegebenenfalls zu rekonturieren. Sind jedoch allzu große Differenzen vorhanden, so müssen Einschleifmaßnahmen erfolgen, bei denen schlimmstenfalls das Höcker-Fissurenrelief plangeschliffen wird. Auf jeden Fall aber stellt dieses Einschleifen einen großen Zeitverlust dar. Einer der größten Vorteile der Triple-Tray-Abformmethode würde sich damit wieder aufheben.

Einer der größten Vorteile der Triple-Tray-Abformmethode liegt klar in der Zeit- und Materialersparnis [33,55,73]. Die Materialersparnis ergibt sich daraus, daß gegenüber der Gesamtabformung des präparierten Kiefers mindestens 50% des Abformmaterials, bei der Gegenkieferabformung wiederum mindestens 50% des Abformmaterials eingespart werden.

Hierzu muß allerdings erwähnt werden, daß der Gegenkiefer normalerweise mit einem handelsüblichen, preiswerteren Alginat abgeformt wird. Muß ein Bißregistrar durchgeführt werden, so werden die Kosten für das Registrar selbst (z.B. ein Silikonschlüssel) wieder eingespart.

Die Zeitersparnis ergibt sich daraus, dass die Gegenkieferabformung und die Bißnahme im gleichen Schritt durchgeführt werden. So können in der Praxis wertvolle 15-30 Minuten eingespart werden.

Die Kunststoffversion der Triple-Tray-Abformträger hat den hygienischen Vorteil, daß eine Reinigung, Desinfektion und Sterilisation entfällt, da es sich um Einmalartikel handelt [73]. Aus wirtschaftlicher Sicht muß jedoch bedacht werden, ob die Metallversion auf Dauer nicht preiswerter ist, da die Metalllöffel wiederverwendbar sind.

Als größter Schwachpunkt der Triple-Tray-Abformmethode wird die nicht vorhandene, aber von vielen Autoren geforderte Steifigkeit und Verwindungsstabilität gesehen [1,5,11,42,46,47,50,58,62,63,65,78]. Der vom Zahnarzt während des Abformvorgangs mit konfektionierten Abformlöffeln und bei Verwendung von Triple-Tray-Abformlöffeln vom Patienten beim Zahnreihenschluß ausgeübte Druck führt einerseits zur Kompression der umgebenden Weichteile und andererseits zu einer Verformung des Abformlöffels. Schließlich kommt es nach Entnahme der Abformung wiederum zu Verformung des Abdrucks, bedingt durch Rückstelleffekte des verwendeten Abformmaterials.

Vergleicht man den E-Modul von Stahl zu Messing zu Kunststoff, so ergibt sich ein Verhältnis von 70 zu 35 zu 1 [63]. Der fehlende E-Modul ist eine reine Materialeigenschaft und kann nicht durch eine größere Wanddicke kompensiert werden.

Trotz der oben aufgeführten Veränderungen bei Abformungen und des fehlenden E-Moduls sind in Bezug auf die okklusale Zuordnung im Rahmen dieser Studie keine nennenswerten Nachteile bei Verwendung der Triple-Tray-Abformträger aufgetreten. Diese Ergebnisse wurden schon in anderen Untersuchungen bestätigt [14,74].

Grundsätzlich jedoch ist der Indikationsbereich von Triple-Trays eingeschränkt, es sollte eine stabile Okklusion bei endständiger Stützzone vorhanden sein. Kiefergelenkserkrankungen und Parafunktionen, wie z.B. Bruxismus, sind Kontraindikationen für den Einsatz dieser Abformträger.

6.2. Versuchsserie 1

Im ersten Teil dieser Arbeit wurden Bißschlüssel – in harter Verschlüsselung mit Kunststoff - auf Gipsmodellen hergestellt und mit der okklusalen Situation eines Urmodells verglichen.

In dieser ersten Versuchsserie fand somit eine reine Kieferrelationsbestimmung, eine Zuordnung der präparierten Zähne zum Gegenkiefer, statt.

Erwartungsgemäß zeigten sich Differenzen bezüglich der okklusalen Situation am Urmodell.

Das Ergebnis der Vermessung der unbearbeiteten Bißschlüssel zeigte durchweg in allen Kombinationen der benutzten Artikulatoren und Abformmaterialien hohe Werte bei der okklusalen Abweichung, gepaart mit zum Teil großen Streubreiten der Kondylenverlagerung mit Werten von von ca. 200 bis 1400 µm. Diese großen Streubreiten waren sowohl bei den mit den Triple-Tray-Abformlöffeln hergestellten Modellen als auch bei den mit herkömmlich hergestellten Modellen wiederzufinden. Zurückzuführen ist die große Streubreite und die hohe Kondylenverlagerung wahrscheinlich auf verfahrens- und materialtechnische Fehler, die gefundenen Abweichungen liegen im „Rauschen des Meßsystems“.

Bei den Abformungen des gesamten Kiefers und des gesamten Gegenkiefers mit herkömmlichen Abformträgern wurden anschließend Ober- und Unterkiefer manuell zugeordnet und in den teiljustierbaren Non-Arcon **Artex**-Artikulator einartikuliert. Die Auffassung, daß bei stabiler Okklusion und endständigen Stützzonen keine Bißregistrierung notwendig ist, wurde in der Literatur schon beschrieben [59] und wird alltäglich bei der Herstellung von festsitzendem Zahnersatz praktiziert.

Bei den partiellen Abformungen mit den Triple-Tray-Abformträgern erfolgte die okklusale Zuordnung direkt über die Abformung selbst. Das Abformmaterial fungiert somit indirekt auch als Bißregistrierungsmaterial.

Bezüglich der reinen Zuordnung von Ober- und Unterkiefer zueinander führte die manuelle Zuordnung der Modelle zu keinem signifikanten Unterschied gegenüber den mit der Abformung verschlüsselten Modellen.

Jedoch ist festzustellen, dass die manuell zentrierten Modelle im **Artex** im Vergleich zu den partiellen Modellen im **Okkludator** eine gleich große Streubreite hinsichtlich der Kondylenverlagerung, gegenüber dem **Artiflex**, **Intercuspidator** eine größere Streubreite aufwiesen. Diese Tatsache mag daher kommen, daß bei den partiell abgeformten Modellen keine okklusalen Störungen von der nichtabgeformten Gegenseite her auftreten können und daher weniger Schwankungen bei der Streubreite auftreten. Demgegenüber stehen wiederum höhere Me-

dianwerte bei **Intercuspidator** und **Okkludator**. Den geringsten Medianwert zeigt der **Artiflex**.

Als Abformmaterialien kamen die A-Silikone **Flexitime** und **Panasil Binetics** und das Polyether **Impregum Duo Soft** zum Einsatz. Eine Überlegenheit des einen Materials gegenüber dem anderen konnte nicht bestätigt werden [51,76]. Zwar zeigt der Polyether **Impregum** die niedrigste Streubreite, dafür aber den größten Interquartilabstand. Geringfügig überlegen zeigt sich das A-Silikon **Flexitime** mit dem niedrigsten gefundenen Median und Interquartilabstand. Die in anderen Studien [71,72] aufgefundene okklusale Vergrößerung bei Verwendung von Polyethern oder Verkleinerung der Stümpfe bei Verwendung von Silikonen mit daraus resultierender Auswirkung auf die Kondylenverlagerung konnte hier nicht belegt werden.

Die Durchführung der einzeitig zweiphasigen Doppelmischabformung erwies sich als komplikationslos und einfach in der Handhabung, für eine zügige Applikation der zweiten Phase empfiehlt sich eine Assistenz. Ein assistenzloses Arbeiten, wie es **Kaplowitz** in seiner Studie propagiert, ist mit dieser Abformmethode eher schwierig zu bewerkstelligen [33].

Diverse Autoren beschreiben die Doppelmischmethode als Methode der Wahl, da sie nahezu originalgetreue Stümpfe ergeben [4,15,19,36,43]. Bei einigen Autoren jedoch resultierten zu hohe Stümpfe aus dieser Abformmethode. Hierbei könnte es sich um eine weitere Fehlerquelle für die Kondylenverlagerung handeln [71,72].

Das Abformmaterial auf den Triple-Tray-Trägern stellt auch gleichzeitig ein Bißregistrar dar. Grundsätzlich eignen sich Polyvinylsiloxane und Polyether gut dafür, aufgrund ihrer Detailgenauigkeit, Stabilität und Dimensionsgenauigkeit auch bei längerer Lagerung [18].

Bei Beginn der Abbindephase sind sie weich genug, um eine Führung des Patienten in die maximale Interkuspidation zu erlauben, ohne daß es zu Widerstand bei Zahnreihenschluß kommt. Gleichzeitig ist eine ausreichende Fließfähigkeit vorhanden ebenso wie die beim Einartikulieren geforderten scharfen Impressionen und genügende Endhärte [67].

Diese allgemeinen Anforderungen an ein Bißregistrar werden von den oben genannten Abformträgern erfüllt. Bei Anwendung der Doppelmischtechnik zeigten alle drei Abformmaterialien sowohl der Polyether als auch die beiden Polyvinylsiloxane keine signifikanten Abweichungen hinsichtlich der Streubreite und Kondylenverlagerung. Gleichzeitig bleibt festzustellen, dass die Meinung von **Boitel**, es gäbe kein ideales Material für das Registrar, welches die Situation im Patientenmund auf die Situation im Artikulator überträgt, noch immer Bestand hat [6].

6.3. Versuchsserie 2

Das okklusale Einschleifen der Bißschlüssel zu provisorischem Zahnersatz hatte sich erwartungsgemäß als nicht fehlerverstärkend erwiesen. Das Gegenteil war der Fall: Nach dem Vermessen dieses provisorischen Kronen- und Brückenersatzes zeigten sich im Vergleich zur ersten Versuchsreihe durchweg gute Ergebnisse mit praxistauglichen okklusalen Veränderungen, niedrigen Streubreiten und geringen Kondylenverlagerungen.

Der in dieser Versuchsreihe ermittelte Gesamtfehler liegt bei Werten zwischen etwa 100 und 380µm Interquartilabstand. Diese gefundenen Werte weichen geringfügig von den Werten einiger vergleichbarer Studien ab [14,74].

Deitermann [14] ermittelte bei der Vermessung von okklusalen Veränderungen bei Verwendung der Triple-Tray-Abformträger etwas geringere Werte, ebenso wie **Vehring** [67], die die Reproduzierbarkeit intraoraler Bißregistriermaterialien überprüfte.

Die in dieser Studie gemessenen Ergebnisse decken sich nicht mit denen von **Parker et al.** [55], die von einer signifikant besseren okklusalen Zuordnung mit der Triple-Tray-Methode durch Fehlereliminierung bei den nachfolgenden Arbeitsvorgängen sprechen.

Es konnte die Aussage von **Davis** bestätigt werden, der in seiner Arbeit zu dem Fazit kommt, daß Abformungen mit dem Triple-Tray-System vergleichbare Ergebnisse wie Abformungen mit konfektionierten Serienlöffeln liefern.

In diesem Zusammenhang allerdings darf nicht unerwähnt bleiben, daß die direkte Vergleichbarkeit solcher Studien aufgrund der unterschiedlichen Versuchsanordnungen schwierig ist. **Deitermann** [14] arbeitete mit einer Bißsperre von 0,3 mm unter Anwendung verschiedener Abformtechniken und Abformmaterialien bei gleichzeitiger Beschränkung auf ein Artikulatorsystem. Zudem wurde die Kondylenverlagerung nur an einem einzelnen Zahn, also einer Kronenpräparation vermessen.

Wingendorf [74] bewertete die Wiedergabe der okklusalen Relation als sehr gut. Alle 40 in seiner Studie hergestellten Bißschlüssel paßten so exakt, daß die Patienten nach Einsetzen der Bißschlüssel die maximale Interkuspidation ohne Korrekturmaßnahmen erreichen konnten. Hierbei ist wiederum zu berücksichtigen, daß die Bißschlüssel über einer präparierten Einzelkrone angefertigt wurden und die Erfolgskontrolle rein visuell am Patienten erfolgte.

Nach dem Umarbeiten der Bißschlüssel ließ sich zur Eignung der verschiedenen Artikulatoren/ Okkludatorsysteme folgendes feststellen: Die geringste Kondylenverlagerung trat bei der Kombination **Artex/ Impregum** mit dem niedrigsten Interquartilabstand und der Kombination **Artex/ Flexitime** mit dem niedrigsten Medianwert auf. Die größte Kondylenverlagerung entstand bei der Kombination **Intercuspidator/ Panasil**, die größte Streubreite zeigte die Kombination **Artiflex/ Impregum**. Diese Aussagen wurden durch den zusätzlich durchgeführten Mann-Whitney-U-Signifikanztest erhärtet.

Bei direktem Vergleich aller Kombinationen gegeneinander zeichneten sich im Wesentlichen nur die oben aufgeführten Kombinationen und die zur Qualitätssicherung durchgeführten Leermessungen ohne Bißschlüssel als signifikant aus.

Bei Betrachtung der Artikulatorsysteme - nach Umarbeiten der Bißschlüssel zu provisorischen Kronen-/Brückenersatz - schnitt der teiljustierbare Non-Arcon-Artikulator **Artex** am besten ab. In diesen Artikulator wurden die durch Verwendung herkömmlicher Abformlöffel entstandenen Gipsmodelle manuell zentriert und einartikuliert.

Geringfügig höhere Kondylenverlagerungen zeigte das **Artiflex**-System. Selbst das Einkleben der Kunststoffscharniergelenkkugel und der Kunststoffmulde scheint sich demnach bei sonstiger sorgfältiger Anwendung nach Herstellerangaben nicht negativ auf die okklusale Wiedergabe auszuwirken.

Wiederum geringfügige Kondylenverlagerungen zeigte das **Okkludatorsystem**. Selbst bei diesem sehr einfach aufgebautem **Okkludatorsystem**, das nur Höhenverstellungen erlaubt und mit Feststellschrauben fixiert wird, zeigten sich praxistaugliche okklusale Veränderungen.

Minimal höhere Kondylenverlagerungen zeigte das **Intercuspidatorsystem**. Diese Aussage läßt sich vielleicht damit erklären, daß durch die Fixation der Modelle mittels Retentions-schraubstiften gegenüber der sonstigen Fixation mit Gips Veränderungen stattfinden können. Trotzdem sind die Ergebnisse auch bei diesem System durchaus praxistauglich.

Ein großer Nachteil bei Benutzung der partiell abgeformten Gipsmodelle in den getesteten Artikulatoren liegt in der nicht durchführbaren dynamischen Okklusion. Protrusions-, Laterotrusions- und Mediotrusionsbewegungen sind nicht bzw. nur bedingt möglich. Beim **Intercuspidator** ist die dynamische Okklusion mittels Rückholfeder für eine Protrusions- und Laterotrusionsbewegung möglich, aber auch nur im Rahmen des abgeformten Kiefersegments.

Beim **Artiflex**-System sind, bedingt durch das Kunststoffscharniergelenk, nur Öffnungs- und Schließbewegungen möglich. Protrusions- und Laterotrusionsbewegungen lassen sich nicht durchführen.

Das metallische **Okkludator**system erlaubt durch Feststellschrauben Verstellungen. Werden diese in der Vertikalen durchgeführt, lassen sich Höhenverstellungen nachahmen; durch Verstellungen in der Horizontalen lassen sich Laterotrusionsbewegungen nachahmen. Protrusionsbewegungen können nicht durchgeführt werden.

Somit könnten bei Anprobe des Kronen-/ Brückenersatzes Probleme auftreten, da die dynamische Okklusion im Mund des Patienten eingeschliffen werden muß. Ein wesentlicher Vorteil der Triple-Tray-Anwendung, die Zeitersparnis, könnte somit zunichte gemacht werden.

Der Vorteil des hier im Vergleich getesteten **Artex**-Artikulators bei Verwendung herkömmlicher Serienlöffel liegt somit in der Überprüfung und Reproduzierbarkeit der statischen und dynamischen Okklusion bei Herstellung des Zahnersatzes.

Ein Vorteil der „einfacheren“ Artikulatoren-/Okkludatorensysteme **Artiflex**, **Intercuspidator** und **Okkludator** gegenüber dem **Artex**-Artikulator liegt in der preiswerteren Anschaffung.

In der zweiten Versuchsserie wurden die verwendeten Abformmaterialien nicht mehr als gesondertes Ergebnis dargestellt, da die Wahl des Abformmaterials nach dem Umarbeiten der Bißschlüssel keinen direkten Einfluß mehr auf die Meßergebnisse hatte.

6.4. Fazit

- Die okklusale Zuordnung der Modelle nach Abformung mit den partiellen Triple-Tray-Abformträgern gegenüber der manuell zentrierten Gesamtkieferabformungen brachte keine signifikanten Änderungen und liegt somit innerhalb der zulässigen klinischen Abweichung.
- Der fehlende E-Modul der Kunststoff-Triple-Tray-Abformträger erwies sich nicht als fehlerverstärkend in bezug auf die okklusale Zuordnung gegenüber herkömmlichen Schreinemakers-Löffeln.
- Nach Umarbeiten der Bisschlüssel zu provisorischem Kronen-/ Brückenersatz im teiljustierbaren Non-Arcon-Artikulator **Artex** und den Artikulatoren-/Okkludatorensystemen **Artiflex**, **Intercuspidator** und **Okkludator** zeigten sich bei allen getesteten Artikulatoren – bezogen auf die Kondylenverlagerung - durchweg praxistaugliche Ergebnisse mit einer leichten Überlegenheit des **Artex**-Artikulators.
- Sowohl die hier getesteten Polyvinylsiloxane **Flexitime** und **Panasil- Binetics** als auch das Polyether **Impregum** eignen sich in bezug auf die gemessenen okklusalen Abweichungen - bei der Abformung mit Triple-Tray-Abformträgern - gleichermaßen als Abformmaterialien und als Bissregistrierungsmaterial.
- Die Doppelmischmethode eignet sich für den Einsatz von Triple-Tray-Abformträgern.

7. Zusammenfassung/Summary

Diese Arbeit hat sich mit der Abformgenauigkeit im Hinblick auf spätere okklusale Veränderungen der nach Abformung hergestellten Gipsmodelle befaßt. Es wurden partielle, sogenannte Triple-Tray-Abformträger mit konventionellen Serienabformlöffeln verglichen.

Ein Urmodell mit präparierten Zähnen im 4. Quadranten und der Gegenkiefer wurden insgesamt 120 mal abgeformt. Dabei kam ausschließlich die Doppelmischabformung zum Einsatz.

Unter Verwendung von Triple-Tray-Abformträgern, in der Kunststoffversion, wurden 90 Abformungen durchgeführt.

Diese Art von Abformlöffeln formen Ober- und Unterkiefer gleichzeitig ab. Als Vergleich wurden konventionelle Löffel verwendet, insgesamt 30 Abformungen, wobei hier der Gegenkiefer in einem zweiten Schritt abgeformt wurde. Durch die eindeutige maximale Intercuspitation wurden Ober- und Unterkiefermodelle manuell zugeordnet und einartikuliert.

Für die Abformungen wurden die Materialien „**Flexitime Heavy Tray**“ von Heraeus Kulzer, „**Impregum Duo Soft**“ von Espe/3M und „**Panasil Binetics**“ von Kettenbach eingesetzt. Es wurden somit zwei verschiedene A-Silikone und ein Polyether benutzt, um materialimmanente Fehlerquellen auszugrenzen.

Die danach mit Spezialhartgips ausgegossenen Modelle wurden in verschiedene Artikulatorsysteme eingegliedert.

Die Modelle der Gesamtkiefer wurden in den „**Artex**“ von Girrba, die mit den Triple-Tray-Abformträgern hergestellten partiellen Modelle in den „**Artiflex**“ von Dentsply De Trey, den „**Intercuspidator**“ von Model Tray und in den „**Okkludator**“ von Dentauro einartikuliert.

Auf den Gipsmodellen wurden für die präparierten Zähne Bißschlüssel hergestellt. Mittels Kondymeter und einem von der Universität Gießen entwickelten Meßprogramm (EBP= Elastomere Bißregistrierungsmaterial Prüfung) wurden in einer ersten Versuchsreihe die in harter Verschlüsselung mit Kunststoff hergestellten Bißschlüssel vermessen. In einer zweiten Versuchsreihe wurden die zu provisorischem Kronen-/Brückenersatz gestalteten Bißschlüssel erneut auf okklusale Veränderungen gegenüber dem Urmodell vermessen. Die Ergebnisse wurden mit dem „SPSS Win 10-Programm“ von Microsoft in sogenannten Boxplots grafisch dargestellt. Im Mann-Whitney-U-Signifikanztest wurden alle Ergebnisse der zweiten Versuchsreihe einander gegenübergestellt und auf Signifikanz geprüft.

Die gewonnenen Ergebnisse beweisen, daß Triple-Tray-Abformträger in Kombination sowohl mit allen oben aufgeführten Abformmaterialien als auch mit den oben genannten verwendeten Artikulatorsystemen Kondylenverlagerungen aufzeigen, deren Werte in einem praxistauglichen Bereich liegen.

Der Einsatz des Triple-Tray-Abformverfahrens wirkt sich im Vergleich zu der Abformung mit herkömmlichen Serienlöffeln in bezug auf die hier getesteten okklusalen Veränderungen nicht nachteilig aus.

Abschließend können die im Literaturteil vorgestellten Meinungen bestätigt werden, daß die Triple-Tray-Abformträger – bei bestimmter Indikationsstellung - bezogen auf die Wiedergabe der okklusalen Relationen eine sinnvolle Alternative für die Praxis darstellen.

Sie sind einfach in der Anwendung, preiswert, zeit- und materialsparend und eignen sich, in der Praxis getestet zu werden.

This study concerns the precision of impression –taking with respect to later occlusal changes in the plaster models produced from the impression. Impression taking with the partial, so-called Triple Tray was compared with conventional impression trays used serially. One hundred and twenty impressions in total were taken of an original model with prepared teeth in the fourth quadrant and the opposing jaw. All were sandwich impressions. Ninety impressions were taken using the plastic version of the Triple Tray. This type of impression tray takes impressions of the upper and lower jaw simultaneously. For comparison, conventional impression trays were used to take thirty impressions in total, with an impression of the opposing jaw taken in a second step. Upper and lower jaw models were manually matched and articulated using the clear maximal intercuspitation.

The materials **Flexitime Heavy Tray** from Heraeus Kulzer, **Impregum Duo Soft** from Espe/3M and **Panasil Binetics** from Kettenbach were used for the impressions. Thus two different A-silicones and one polyether were used to exclude error sources intrinsic to the material. The models subsequently cast in dental stone were mounted in various articulation systems. The models of the whole jaw were articulated in the **Artex** from Girrback and the partial models made using the Triple Tray technique were articulated in the **Artiflex** from Dentsply de Trey, the **Intercuspidator** from Model Tray and the **Okkludator** from Dentaaurum. Bite rims were created on the plaster models for the prepared teeth. The bite rims, made from plastic with firm encoding, were measured in an initial series of experiments using a condy-meter and a measuring programme developed at the University of Giessen (EBP, **Elastomere Bißregistrierungsmaterial Prüfung** – elastomeric bite registration material test). In a second experimental series the bite rims, produced for purposes of temporary crown/bridge replacement were again measured for occlusal changes by comparison with the original model. The results were graphically presented in box plots using the Microsoft SPSS Win10 programme. In the Mann Whitney U test all the results from the second experimental series were placed opposite each other and tested for significance.

The results obtained indicate that the Triple Tray shows up condylar displacements in combination with all the impression materials and articulator systems listed above. The values obtained are in the range appropriate for practical use.

By comparison with impression-taking using existing serial trays, the use of the Triple Tray technique for impression-taking has no disadvantageous effects in relation to the occlusal changes tested here.

In conclusion, the opinions presented in the literature section can be confirmed. With regard to the reproduction of the occlusal relationship the Triple Tray technique represents a meaningful alternative for practical use.

It is simple to use, economical in cost, time and material and is suitable for testing in practice.

8. Literatur

1. Abformung und Abdruck
Zahnärztliche Welt 93, 364-368 (1984)
2. Ahlers,M.O.
Restaurative Zahnheilkunde mit dem Artex-System
Denta Concept, Hamburg, 2. Auflage (1998)
3. Bader,F., Setz,J.
Benetzbarkeit und Wiedergabegenauigkeit von Abformmassen
Dtsch Zahnärztl Z 46, 346-348 (1991)
4. Berger,H.J., Marxkors,R., Meiners,H.
Abformgenauigkeit bei ringlosen Abdrücken
Dtsch Zahnärztl Z 28, 1051-1054 (197)
5. Biffar,R., Bittner,B.
Der Einfluß verschiedener Löffelformen auf das Abformergebnis
Dtsch Zahnärztl Z 44, 624-627 (1989)
6. Boitel,R.H.
Bissnahmen (Bissrelation) für Rekonstruktionen am bezahnten Gebiß
Schweiz Monatsschr Zahnmed 86,1308-1311 (1976)
7. Braley,B.
Occlusal analysis and treatment planing for restorative dentistry
J Prosthet Dent 27, 168 (1972)
8. Breeding,L.C., Dixon,D.L.
Accuracy of casts generated from dual- arch impression
J Prosthet Dent 84, 403-407 (2000)

9. Breeding,L.C., Dixon,D.L., Kinderknecht,K.E.
Accuracy of three interocclusal recording materials used to mount a working cast
J Prosthet Dent 71, 265-270 (1994)
10. Bühl,A.,Zöfel,P.
SPSS Version 10, Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows
Addison Wesley Longman, München (2000)
11. Coca,I.
Das Festigkeitsverhalten von Löffelmaterialien
Quintessenz 39, 859-867 (1988)
12. Combe,E.C.
Zahnärztliche Werkstoffe
Hanser, München (1984)
13. Davis,R.D., Schwartz,R.S.
Dual-arch and custom tray impression accuracy
Am J Dent 4, 89-92 (1991)
14. Deitermann, Jens
Vergleichende Darstellung der Abformergebnisse von Dual-Arch-Abformträgern und
Serienabformlöffeln
Diss, Uni Gießen (2001)
15. Dumfahrt,H., Schäffer,H.
Zum Dimensionsverhalten bei verschiedenen Abformverfahren mit gummielastischen
Massen in der Inlay-, Kronen- und Brückentechnik
Z Stomatol 84, 231-239 (1987)
16. Eichner K., Kappert,H.F.
Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung, Bd 1
Hüthig, Heidelberg, 5.Auflage (1988)

17. Engelhart,J.
Einschleiftherapie im natürlichen Gebiß
In: *Hupfauf,L.*
Funktionsstörungen des Kauorgans
Urban und Schwarzenberg, München, 2.Auflage (1989)
18. Fattore,L., Mallone, W., Sandrik, J., Mazur,B., Hart,T.
Clinical evaluation of the accuracy of interocclusal recording materials
J Prosthet Dent 51, 152-157 (1984)
19. Finger,W., Lockowandt,P.
Abform- und Modellmaterialien, eine funktionelle Einheit
Dtsch Zahnärztl Z 27, 620 (1972)
20. Franz,G.
Abformung und Modell- richtige Behandlung durch Zahnarzt und Zahntechniker
Zahnärztl Mitt 70, 492-500 (1980)
21. Franz,G.
Das Dimensionsverhalten zahnärztlicher Hartgipse
Hanser, München, Habilitationsschrift (1978)
22. Franz,G.
Hartgipsverarbeitung zur Erzielung präziser Modelle
Dent Labor 29, 65-70 (1981)
23. Franz,G.
Über den günstigsten Zeitpunkt zur Weiterverarbeitung auf einem Hartgipsmodell
Dtsch Zahnärztl Z 34, 694-697 (1979)

24. Freilich,M.A., Altieri,J.V., Wahle,J.J.
Principles for selecting interocclusal records for articulation of dentate and partially dentate casts
J Prosthet Dent 68, 361-367 (1992)

25. Fuchs,P.
Untersuchungen über die Genauigkeit von Okklusionsfixierungen
Dtsch Zahnärztl Z 22, 298-302 (1967)

26. Gross,M.
Okklusion in der restaurativen Zahnheilkunde
Hanser, München (1987)

27. Hoffman,J.M.
Nontraumatic final impressions for fixed partial dentures
J Prosthet Dent 1, 61-64 (1992)

28. Horn,R.
Zahnaufstellung in der Totalprothetik
Quintessenz-Verlag, Berlin, 2. Auflage (1987)

29. Imbery,T.A.
Simplifying dual-arch impressions
JADA 129, 1599-1600 (1998)

30. Johanning,K.
Die Verwendung von Okkludatoren und Artikulatoren in zahntechnischen Laboratorien
Diss, Uni Düsseldorf (1976)

31. Käyser,A.F., Creugers,N.H. :, Plasmans,P.J., Postema,N., Snoek,P.A.
Kronen- und Brückenprothetik
Deutscher Ärzteverlag, Köln (1997)

32. Kaplowitz,G.J.
Isolation with a dual-arch impression tray
JADA 129, 103-104 (1998)
33. Kaplowitz,G.J.
Trouble-Shooting- Dual Arch Impressions
JADA 127, 234-240 (1996)
34. Keese,S., Cameron,S., Lefler,T.B.
Fabricating a simple closure guide for the dual-arch impression technique
J Prosthet Dent 85, 418 (2001)
35. Körber,E., Landt,H.
Untersuchungen über die Reproduzierbarkeit von Registrierungen
Dtsch Zahnärztl Z 34,202-205 (1979)
36. Körber,E., LehmannK.
Vergleichende Untersuchungen bei Abdruckmaterialien für Kronen und Brücken
Dtsch Zahnärztl Z 24, 791-797 (1969)
37. Körber, K., Ludwig K.
Zahnärztliche Werkstoffkunde und Technologie
Thieme Verlag, Stuttgart, 2. Auflage (1993)
38. Kohno,S., Körber,E., Hüls,A., Tabata,T.
Vergleich der Reproduktionsgenauigkeit verschiedener Registrierungen zur
Bestimmung der Kieferrelation
Stomatol DDR 38, 721-730 (1988)
39. Lehmann, K.M.
Abformung und Modell für festsitzenden Zahnersatz, Bd.3
In: *Voß,R.,Meiners,H.*
Fortschritte der zahnärztlichen Prothetik und Werkstoffkunde, Bd.3
Hanser, München (1987)

40. Lehmann,K.M., Hellwig,E.
Einführung in die restaurative Zahnheilkunde
Urban und Schwarzenberg, München, 7. Auflage (1993)
41. Lehmann,K.M.
Einführung in die Zahnersatzkunde
Urban und Schwarzenberg, München, 6. Auflage (1988)
42. Lehmann,K.M.
Methodik und Systematik der Abformung für festsitzenden Zahnersatz
Zahnärztliche Mitt 70, 486-491 (1980)
43. Lehmann,K.M., Burgdorf,H.O.
Untersuchungen zu einzeitigen Abformverfahren für Kronen und Brücken
ZWR 87, 434-435 (1978)
44. Lehmann,K.M., Zacke W.
Untersuchungen zur okklusalen Schichtdicke des Korrekturmateri als bei der Korrekturabformung
Dtsch Zahnärztl Z 38, 220-222 (1983)
45. Lehmann,K.M., Burgdorf H.O.
Untersuchungen zu zweizeitigen Abformverfahren für Kronen und Brücken (Korrekturabdruck)
Zahnärztl. Welt 87, 486-491 (1980)
46. Lehner,C.R., Schärer,P.
Abformmaterialien in der Kronen- Brücken- Prothetik
Schweiz Monatsschr Zahnmed 101, 629-635 (1991)
47. Marxkors,R.
Abformfehler und deren Vermeidung
Zahnärztliche Welt 94, 466-473 (1985)

48. Marxkors,R.
Lehrbuch der zahnärztlichen Prothetik
Hanser, München, 2. Auflage (1993)
49. Marxkors, R.,Meiners H.
Taschenbuch der zahnärztlichen Werkstoffkunde.
Hanser, München, 3. Auflage (1988)
50. Meiners,H.
Abformgenauigkeit mit elastomeren Abformmaterialien
Hanser, München (1977)
51. Meiners,H.
Vergleich der verschiedenen Elastomertypen-Polyadditionssilikone
Zahnärztl Welt,590-591 (1978)
52. Millstein,P.L., Hsu,C.C.
Differential accuracy of elastomeric recording materials and associated weight change
J Prosthet Dent 71, 400-403 (1994)
53. Millstein,P.L., Clark,R.E:
Differntial accuracy of silicone-body and self-curing resin interocclusal records and associated weight loss
J Prosthet Dent 46,380-384 (1981)
54. Myers,M.L.
Centric relations records – Historical review
J Prosthet Dent 47, 141-145 (1982)
55. Parker,M.H., Cameron,S.M., Hughbanks,J.C., Reid,D.E.
Comparison of occlusal contacts in maximum intercuspitation for two impression techniques
J Prosthet Dent 78, 255-259 (1997)

56. Pensler,A.V.
Combined bite update for good impressions
Dentistry today,impression techniques (1988)
57. Plischka,G., SorgerF.
Über Fehlerquellen verschiedener Abdruckverfahren in der Praxis
Österr Z Stomat. 67, 207-214 (1970)
58. Rehberg,H.J.
Der Abformlöffel- ein wichtiger Faktor für die Abformgenauigkeit
Dent Labor 26, 44-48 (1978)
59. Reiber,T., Trbola,U.
Vergleich der klinischen Okklusion und der Modellokklusion
Dtsch Zahnärztl Z 48, 170-173 (1993)
60. Sachs,L.
Statistische Methoden: Planung und Auswertung
Springer, Berlin, 6. Auflage (1988)
61. Schoenrock,G.A.
The laminar impression technique
J Prosthet dent 62, 392-395 (1989)
62. Schwickerath,H.
Konfektionierte und individuelle Löffel
Zahnärztl. Mitt 70, 466-470 (1980)
63. Schwickerath,H.
Stabilität der Abformlöffel
Zahnärztliche Welt 87, 596-598 (1978)

64. Siebert, G.K.
Zahnärztliche Funktionsdiagnostik: mit und ohne Hilfsmittel
Hanser, München, 2. Auflage (1987)
65. Strub, J.R., Türp, J.C., Witkowski, S., Hürzeler, M.B., Kern, M.
Curriculum Prothetik, Bd.2
Quintessenz-Verlag, Berlin (1994)
66. Taylor, W.N.
The Triple-Tray method for restoring battered teeth
Compen Contin Educ Dent 14 (9), 1174-1177 (1993)
67. Vehring, A.
Die Genauigkeit der Kieferrelationsübertragung durch verschiedene
Registriermaterialien beim bezahnten und unbezahnten Patienten
Diss Uni Münster (1997)
68. Viohl, J., Nolte, Th.
Haftung von elastomeren Abformmaterialien an Abformlöffeln
Dtsch Zahnärztl Z 38, 13 (1983)
69. Voß, R., Meiners, H.
Fortschritte der zahnärztlichen Prothetik und Werkstoffkunde, Bd.3
Hanser, München (1987)
70. Singer, F.
Artikulator oder Okkludator
In: *Weggen, E.*
Okkludatoren, Artikulatoren und Kaubahnträger
Diss., Uni Berlin(Ost) (1967)

71. Wichmann,M., Borchers,L., Limmroth,E.
Bestimmung der Abformgenauigkeit verschiedener Elastomere mit Hilfe einer
3D-Koordinatenmeßmaschine (Teil 1)
Dtsch Zahnärztl Z 45, 499-502 (1990)
72. Wichmann,M., Borchers,L.
Bestimmung der Abformgenauigkeit verschiedener Elastomere mit Hilfe einer
3D-Koordinatenmeßmaschine (Teil 2)
Dtsch Zahnärztl Z 47, 88-91 (1992)
73. Wilson,E.G., Werrin,S.R.
Double arch impressions for simplified restorative dentistry
J Prosthet Dent 49,198-202 (1983)
74. Wingendorf,T.
Eignung von Dual-Arch-Abformlöffeln zur Herstellung von Einzelzahnrestaura-
tionen
Diss, Uni Giessen (2002)
75. Wirz,J., Schmidli,F.
Haftverbund zwischen Elastomeren und Abformlöffeln
Quintessenz 40, 131-138 (1989)
76. Wirz,J., Schmidli,F.
Moderne Elastomere- wichtige physikalische Eigenschaften
Quintessenz 40, 1151-1156 (1989)
77. Wöstmann,B.
Die Abformung präparierter Zahnhartsubstanzen
ZM 89, Nr. 10, 40-49 (1999)
78. Wöstmann,B.
Zum derzeitigen Stand der Abformung in der Zahnheilkunde
Quintessenz-Verlag, Berlin, Habilitationsschrift (1998)

79. Wöstmann,B, Vehring,A.

Zur Genauigkeit der Übertragung der Kieferrelation durch verschiedene
interokklusale Registrate in den Artikulator

Dtsch Zahnärztl Z 49, 554-557 (1994)

Danksagung

Ich möchte Herrn Prof. Dr. Bernd Wöstmann für die Überlassung des Themas danken und dafür, daß er sich immer Zeit für mich genommen hat.

Des weiteren möchte ich meinen Eltern und meiner Großmutter danken, daß sie mir das Studium und danach diese Arbeit ermöglicht haben und mich immer zum Fertigstellen ermuntert haben.

Uwe sei noch speziell für das stressige Korrekturlesen gedankt.

Und Yvonne danke ich, daß sie mir während der Arbeit mit Rat und Tat beiseite stand.

Lebenslauf

Geboren am: 25.04.1974

In: Breslau, Polen

Eltern: Andreas Pisarek (Zahnarzt)
Gabriele Pisarek, geb. Krawietz (Lehrerin)

Geschwister: Eva-Maria Pisarek (Studentin)
Anna Pisarek (Schülerin)

Schulischer und beruflicher Werdegang:

1980-1984	Besuch der Grundschule Hasenberg, Remscheid
1984-1993	Besuch des Röntgen-Gymnasiums, Remscheid
1993	Abschluss: Abitur
1993-1994	Zivildienst
1995-2001	Studium der Zahnheilkunde an der Justus-Liebig-Universität Gießen
20.06.01	Abschluss: Staatsexamen
29.06.01	Approbation als Zahnarzt
01.07.01-30.06.02	Tätigkeit als Assistenz Zahnarzt in freier Praxis in Remscheid
seit 01.08.02	Tätigkeit als Assistenzarzt in freier Praxis in Hamburg

Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig, ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe.

Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.

Adam Pisarek

